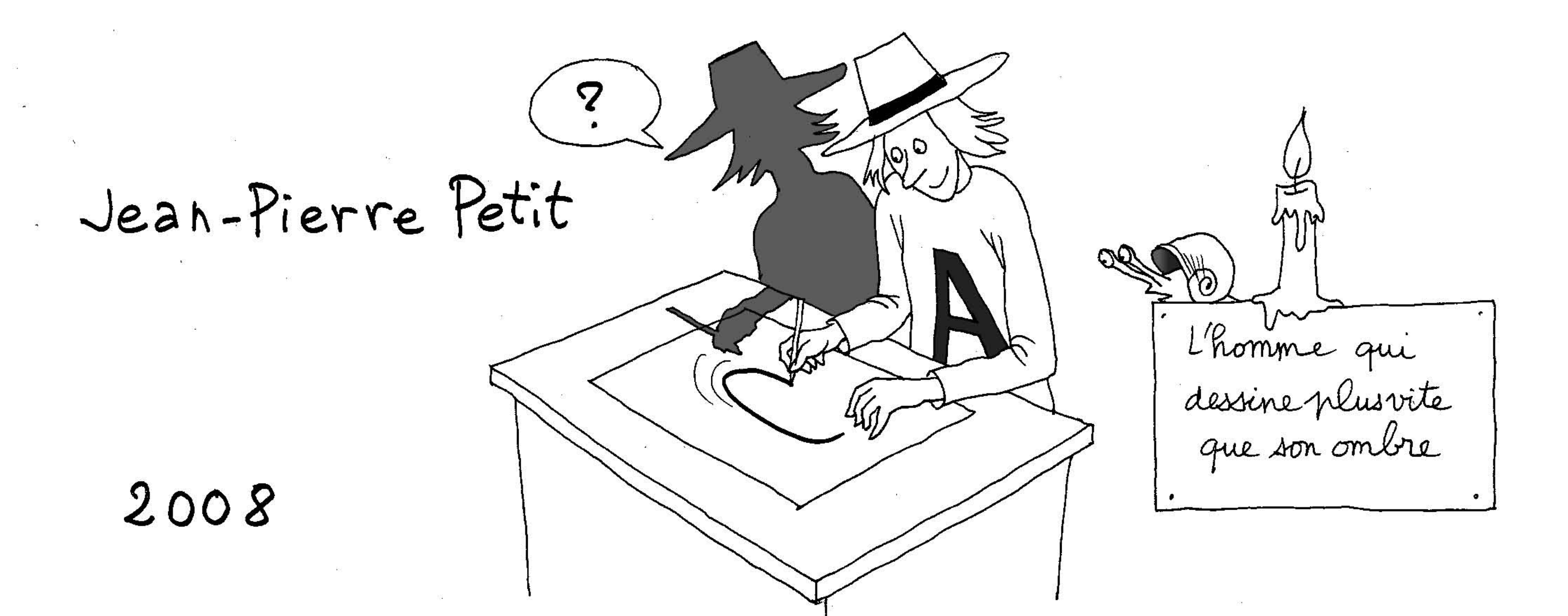
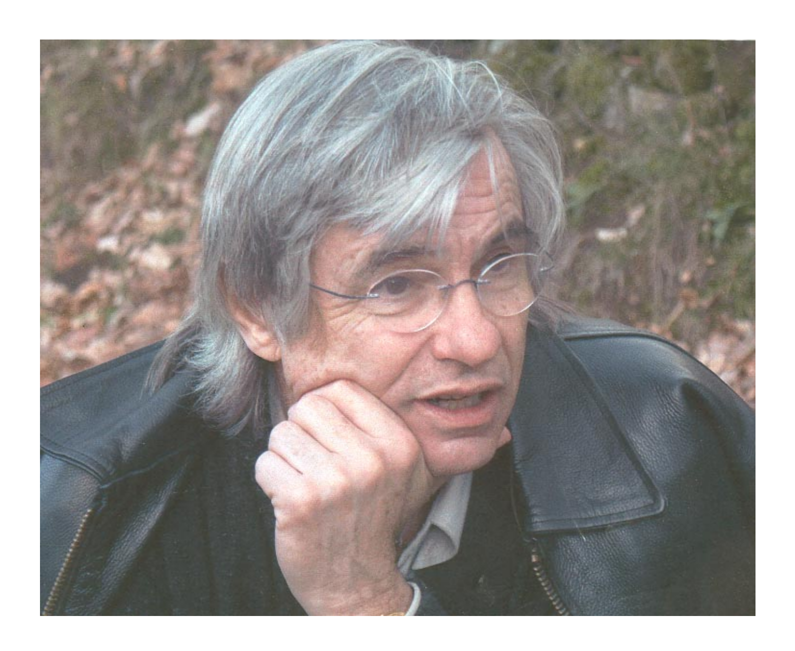
http://www.savoir-sans-frontieres.com

PLUS RAPIDE QUE LA LUMIÈRE



Savoir sans Frontières

Association Loi de 1901



Jean-Pierre Petit, Président de l'Association

Ancien Directeur de Recherche au Cnrs, astrophysicien, créateur d'un genre nouveau : la Bande Dessinée Scientifique. Crée en 2005 avec son ami Gilles d'Agostini l'association Savoir sans Frontières qui s'est donnée pour but de distribuer gratuitement le savoir, y compris le savoir scientifique et technique à travers le monde. L'association, qui fonctionne grâce à des dons, rétribue des traducteurs à hauteur de 150 euros (en 2007) en prenant à sa charge les frais d'encaissement bancaire. De nombreux traducteurs accroissent chaque jour le nombre d'albums traduits (en 2007 : 200 albums gratuitement téléchargeables, en 28 langues, dont le Laotien et le Rwandais).
Le présent fichier pdf peut être librement dupliqué et reproduit, en tout ou en partie, utilisé par les enseignants dans leurs cours à conditions que ces opérations ne se prêtent pas à des activités lucratives. Il peut être mis dans les bibliothèques municipales, scolaires et universitaires, soit sous forme imprimée, soit dans des réseaux de type Intranet.
L'auteur a entrepris de compléter cette collection par des albums plus simples d'abord (niveau 12 ans). Egalement en cours d'élaboration : des albums « parlants » pour analphabètes et « bilingues » pour apprendre des langues à partir de sa langue d'origine.
L'association recherche sans cesse de nouveaux traducteurs vers des langues qui doivent être leur langue maternelle, possédant les compétences techniques qui les rendent aptes à produire de bonne traductions des albums abordés.

Pour contacter l'association, voir sur la homepage de son site

http://www.savoir-sans-frontieres.com

Coordonnées bancaires France ➔ Relevé d'Identité Bancaire (RIB) :

Etablissement	Quichet	N° de Compte	Cle RIB
20041	01008	1822226V029	88

Domiciliation : La banque postale
Centre de Marseille
13900 Marseille CEDEX 20
France

For other countries ➔ International Bank Account Number (IBAN) :

IBAN
FR 16 20041 01008 1822226V029 88

and ➔ Bank Identifier Code (BIC) :

BIC
PSSTFRPPMAR

Les statuts de l'association (en français) sont accessibles sur son site. La comptabilité y est accessible en ligne, en temps réel. L'association ne prélève sur ces dons aucune somme, en dehors des frais de transfert bancaire, de manière que les sommes versées aux traducteurs soient nettes.

L'association ne salarie aucun de ses membres, qui sont tous des bénévoles. Ceux-ci assument eux-mêmes les frais de fonctionnement, en particulier de gestion du site, qui ne sont pas supportés par l'association.

Ainsi, vous pourrez être assurés, dans cette sorte « d'œuvre humanitaire culturelle » que quelle que soit la somme que vous donniez, elle sera *intégralement* consacrée à rétribue les traducteurs.

Nous mettons en ligne en moyenne une dizaine de nouvelles traductions par mois.


cher ami. Vous avez l'air tout troublé. Que vous arrive-t-il ?
J'arrive d'un colloque d'astrophysique Ne m'en parlez pas !
le premier débat a porté sur l'expansion cosmique. Ils ont voulu savoir où ce phénomène se produisait. Est ce que la Terre se dilate ? Non ! Cela se saurait ! Et le système solaire ? Pas non plus. les galaxies seraient elles en expansion ? Pas du tout !
Je suppose que l'Univers doit bien se dilater quelque part !? C'est insensé !
vous savez que l'observation confirme chaque année un peu plus que la structure de l'Univers est LACUNAIRE
lacunaire ? que voulez-vous dire par là ?

après avoir découvert que les galaxies pouvaient se rassembler en **AMAS** comme l'amas de la Vierge où l'amas Coma, rassemblant mille galaxies on a pensé que l'univers pourrait présenter une structure **HIÉRARCHIQUE**



et on s'est mis à rechercher des **SUPER-AMAS**, des "amas d'amas" etc...

et est-ce qu'on en a trouvé ?



ce qui est amusant, dans le monde des sciences c'est le fait que des mots apparaissent, gonflent, puis éclatent comme des bulles. Il fut un temps où les astrophysiciens n'avaient que ce mot super-amas à la bouche. Eh puis soudain Pfttt, il a disparu !

tout à fait !

Je suppose que c'est parce qu'on ne le a jamais trouvés

des astronomes ont découvert par contre un endroit où des galaxies s'étaient rassemblées selon une sorte de plaque, qu'ils ont appelée **THE GREAT WALL** (*)

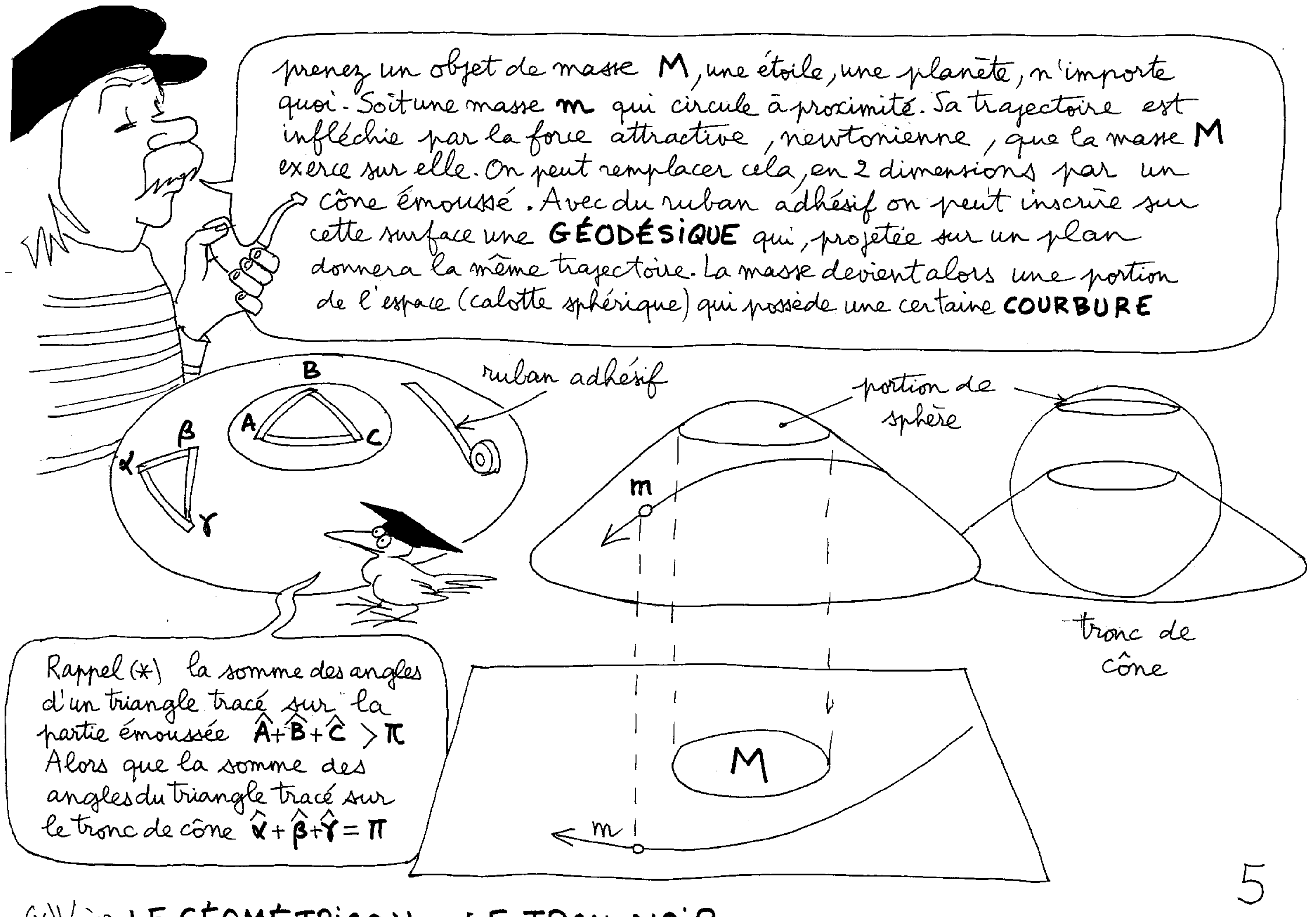


ça veut dire que dans cette "plaque" il y avait plein de galascies et que de part et d'autre c'est le vide ?

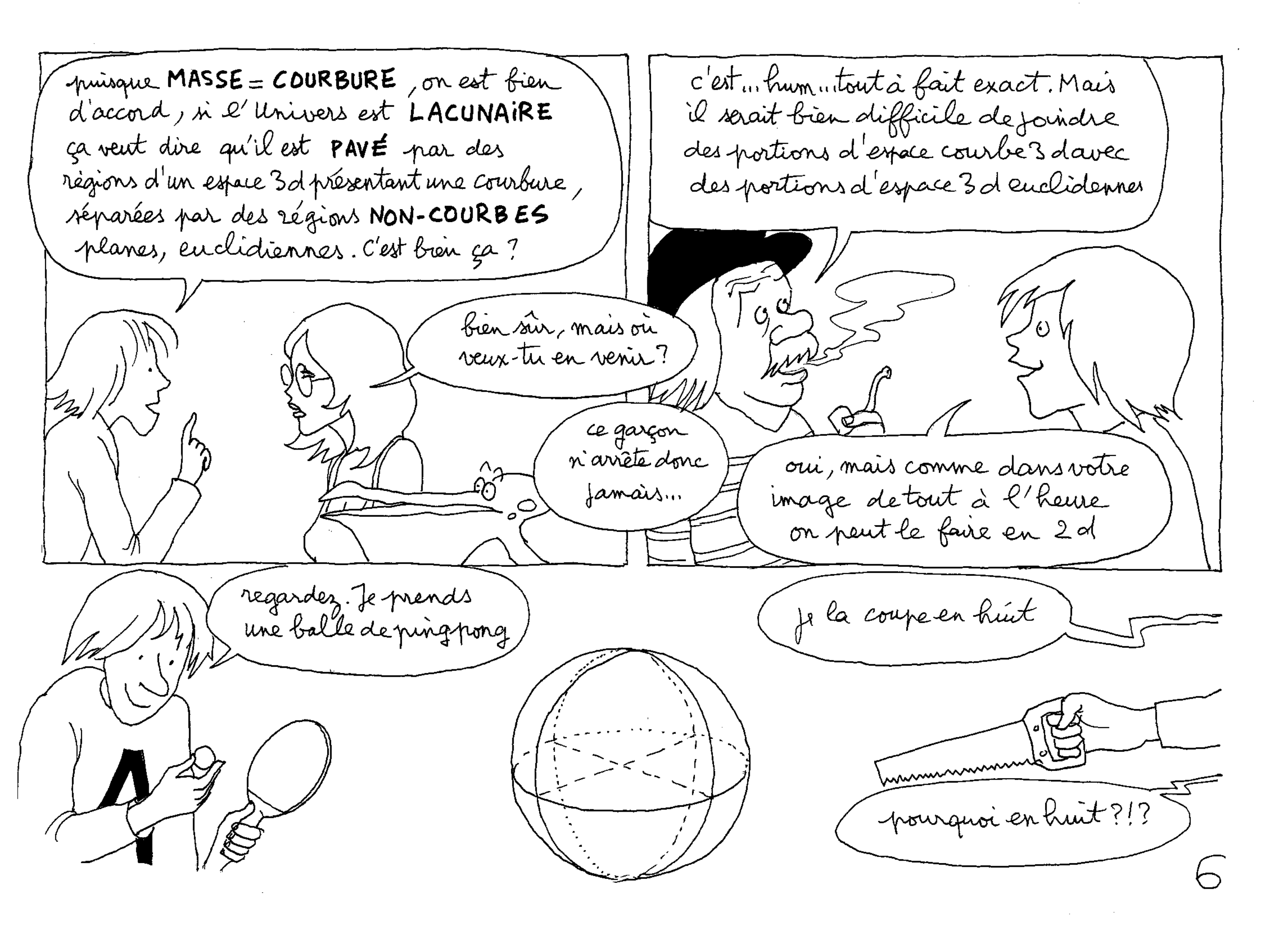
(*) **LE GRAND MUR**

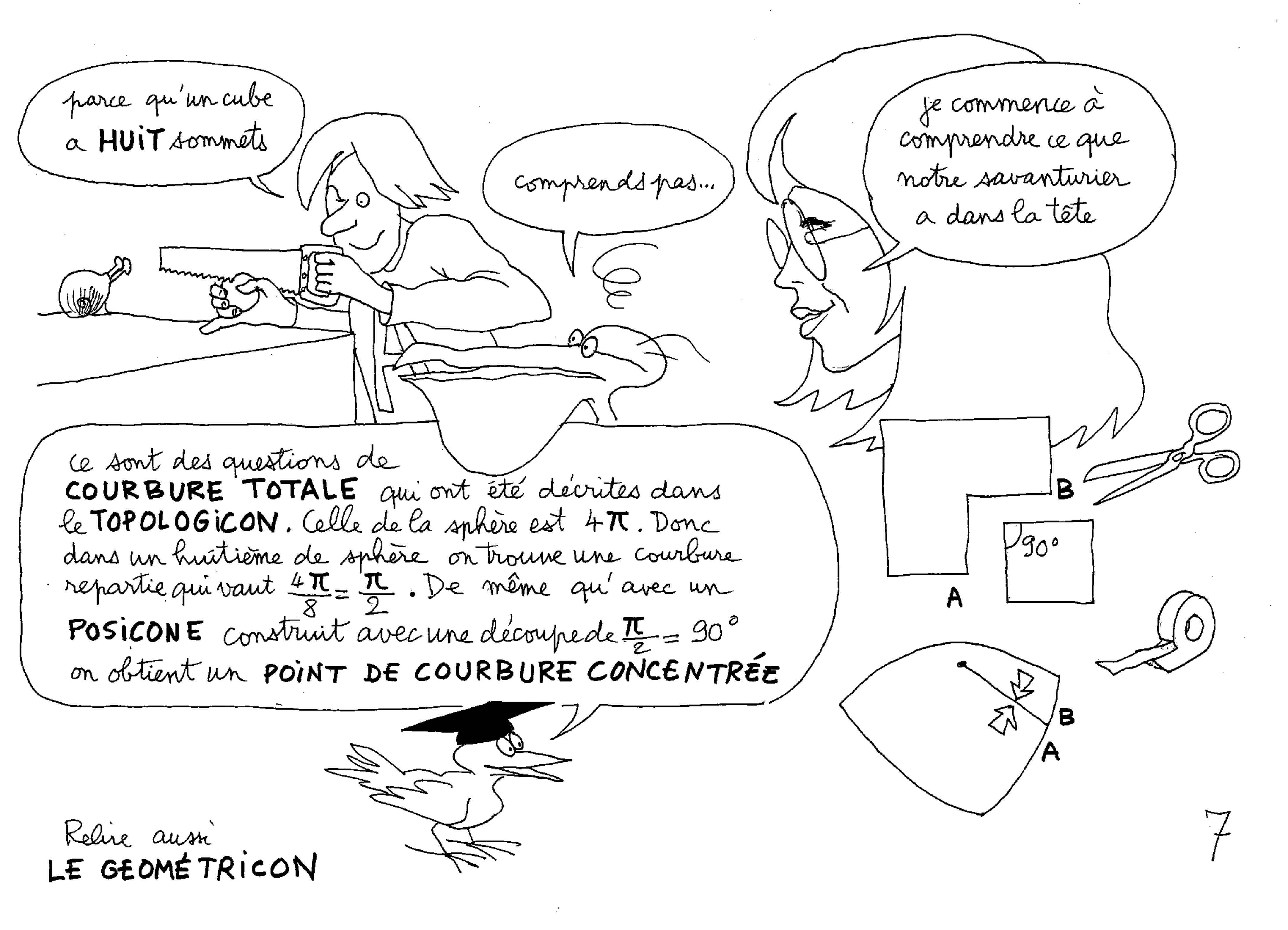

Au fil des années les observations se sont affinées. On sait aujourd'hui que les galaxies, la matière sont agencées autour de grandes bulles vides de 100 millions d'années lumière de diamètre
Eh bien, vous voyez, votre problème est résolu. L'expansion elle a lieu dans ces "bulles"
Hmmm... alors, les amas de galaxies, ces concentrations de matière, seraient en quelque sorte aux points de jonction de trois nappes, de ces... bulles. Mais sait-on comment se forme cette singulière structure?
Hélas, mon cher, on en a pas la moindre idée


mais enfin, je suppose qu'il doit bien y avoir un modèle quelquechose. On fait des choses très bien, de nos jours, avec les ordinateurs, non ?
Il y a des types qui font des simulations avec de la MATIÈRE SOMBRE FROIDE, mais ça n'est guère convainquant
je ne vois rien
normal, c'est de la matière noire
monsieur Albert, dites-nous ce que vous pensez de tout cela. Cela fait bien vingt ans qu'on ne vous a pas entendu sur ces pages
Ahr so. Moi je suis resté à mon idée première : remplacer les forces par de la GÉOMÉTRIE
4

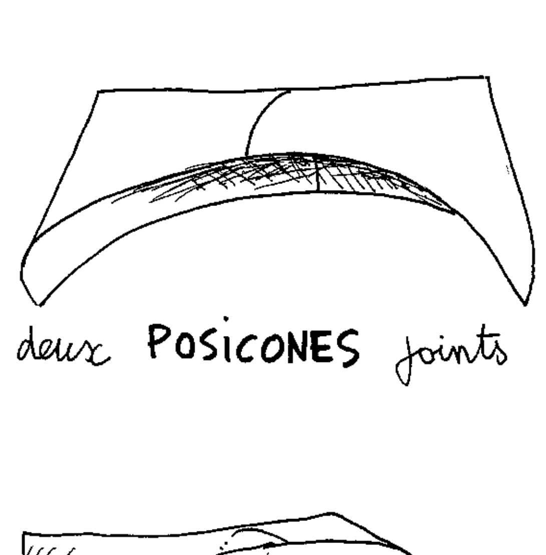


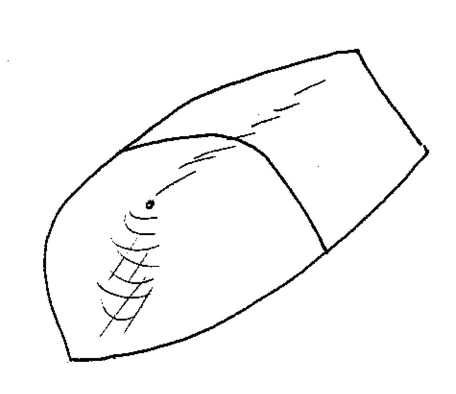
(*) Voir LE GÉOMÉTRICON, LE TROU NOIR

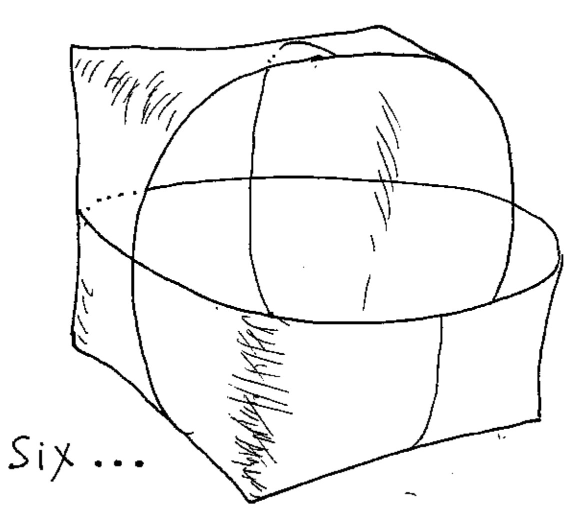

puisque MASSE = COURBURE, on est bien d'accord, si l'Univers est LACUNAIRE ça veut dire qu'il est PAVÉ par des régions d'un espace 3d présentant une courbure, séparées par des régions NON-COURBES planes, euclidiennes. C'est bien ça ?
bien sûr, mais où veux-tu en venir ?
ce garçon n'arrête donc jamais...
c'est... hum... tout à fait exact. Mais il serait bien difficile de joindre des portions d'espace courbe 3 d avec des portions d'espace 3 d euclidiennes
oui, mais comme dans votre image de tout à l'heure on peut le faire en 2 d
regardez. Je prends une balle de ping pong
je la coupe en huit
pourquoi en huit ?!?

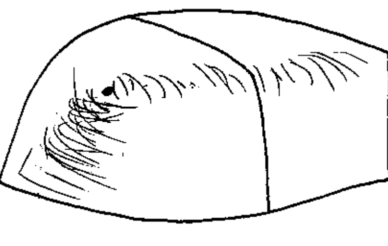

parce qu'un cube a HUIT sommets
comprends pas...
je commence à comprendre ce que notre savanturier a dans la tête
ce sont des questions de COURBURE TOTALE qui ont été décrites dans le TOPOLOGICON. Celle de la sphère est 4π. Donc dans un huitième de sphère on trouve une courbure repartie qui vaut $\frac{4\pi}{8} = \frac{\pi}{2}$. De même qu'avec un POSICONE construit avec une découpe de $\frac{\pi}{2} = 90°$ on obtient un POINT DE COURBURE CONCENTRÉE
B
A
90°
B
A
Relire aussi LE GEOMÉTRICON

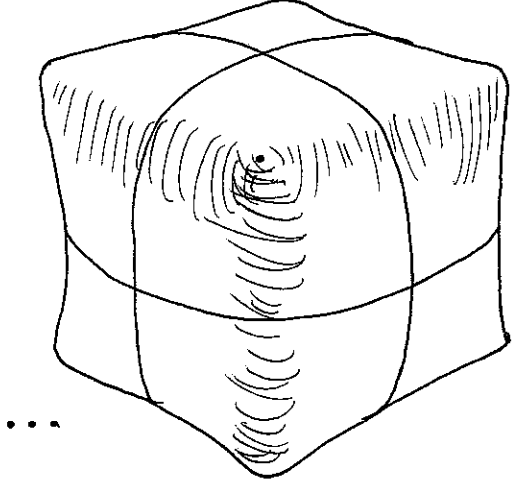
UN CUBE SANS ARÊTES

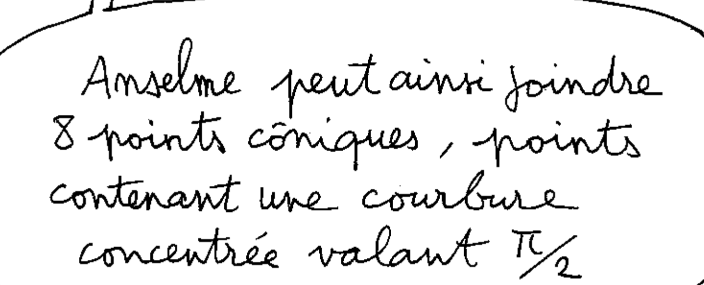


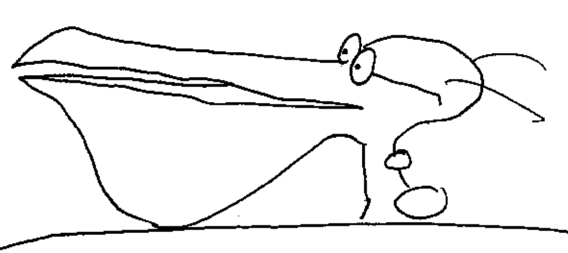


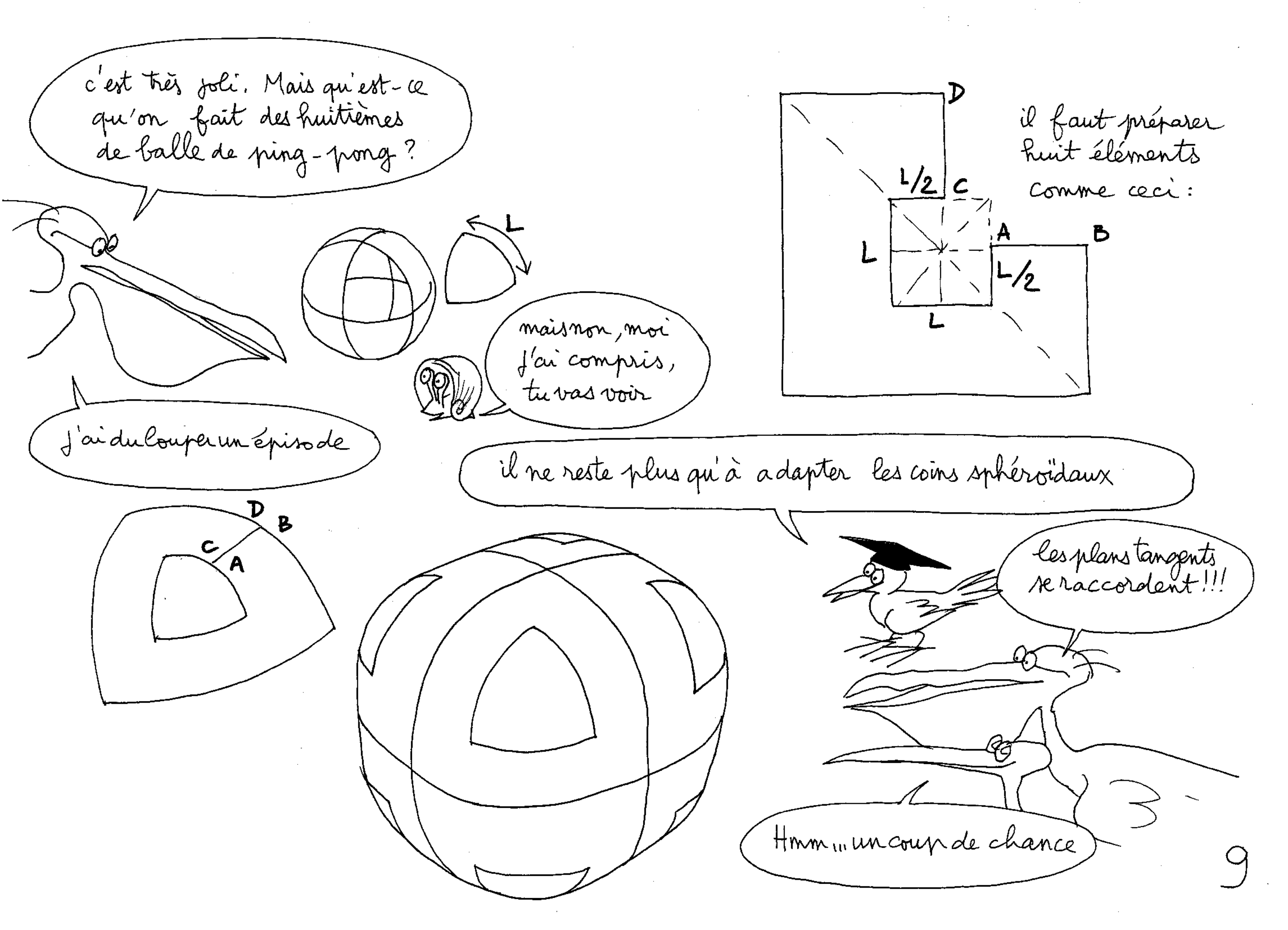


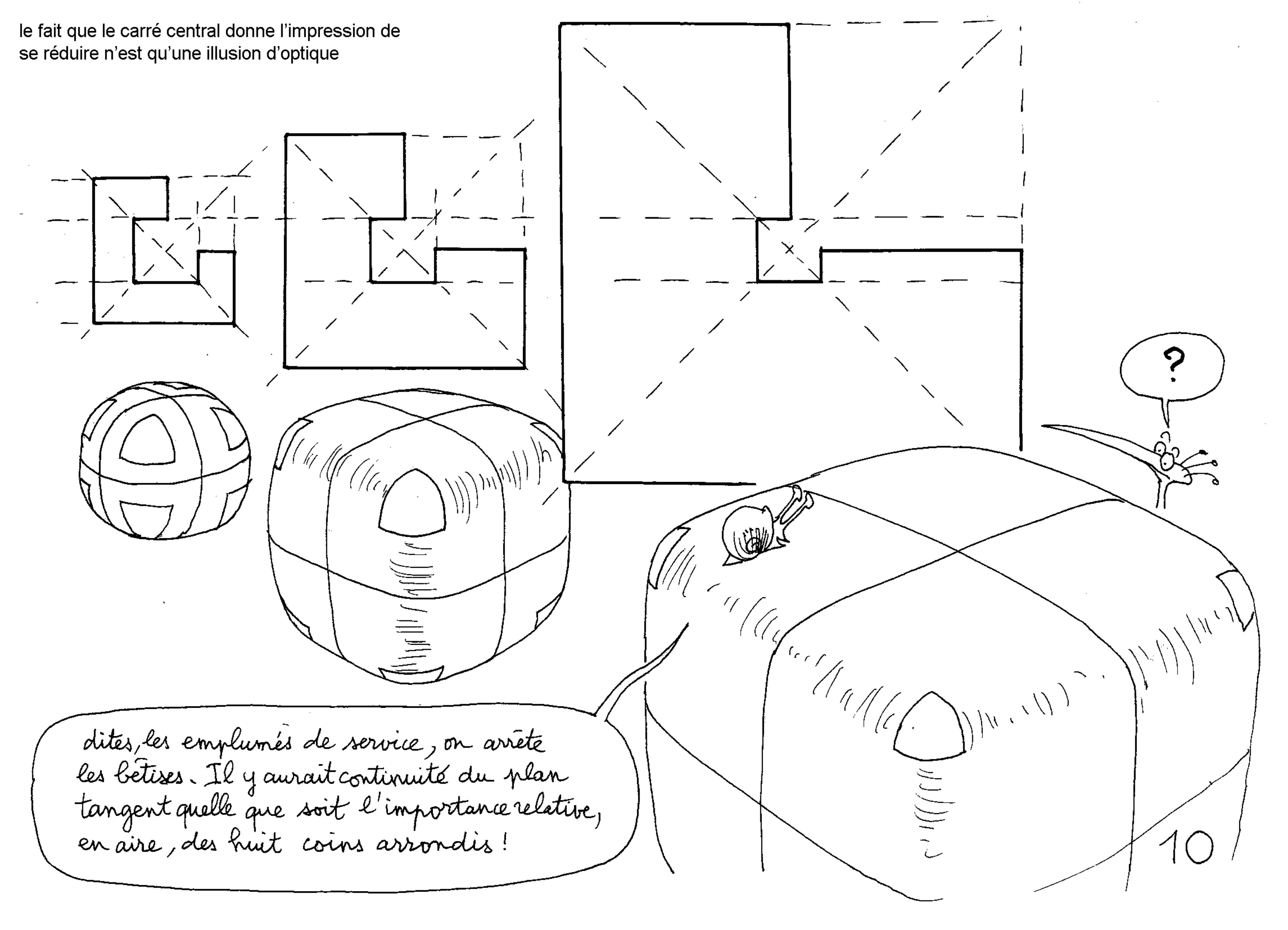









c'est très joli. Mais qu'est-ce qu'on fait des huitièmes de balle de ping-pong ?
L
maisnon, moi j'ai compris, tu vas voir
j'ai du couper un épisode
D
il faut préparer huit éléments comme ceci :
L/2
C
A
B
L
L/2
L
il ne reste plus qu'à adapter les coins sphéroïdaux
D
B
C
A
les plans tangents se raccordent !!!
Hmm ... un coup de chance


le fait que le carré central donne l'impression de se réduire n'est qu'une illusion d'optique
?
dites, les emplumés de service, on arrête les bêtises. Il y aurait continuité du plan tangent quelle que soit l'importance relative, en aire, des huit coins arrondis !
10

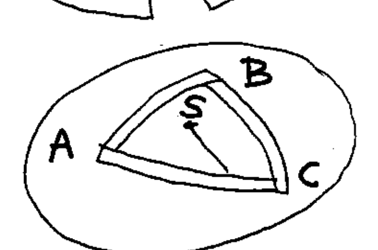


(*) allez relire les bandes dessinées où vous avez figuré pendant trente ans ! (**LE TROU NOIR**, pages 8 et suivantes) - Vous créez un **POSICONE** en pratiquant une découpe d'un angle θ. Si vous tracez un triangle constitué par 3 géodésiques, il y aura deux cas de figure : Soit ce triangle contient le sommet **S** du cone alors la somme de ses angles vaudra $\pi + \theta$. Soit il ne le contient pas et la somme de ses angles aux sommets est alors **LA SOMME EUCLIDIENNE** qui vaut π. Si vous collez ensemble deux posicones correspondant à des découpes θ_1 et θ_2 la somme des angles d'un triangle contenant les deux sommets S_1 et S_2 sera la somme euclidienne π accrue de $\theta_1 + \theta_2$

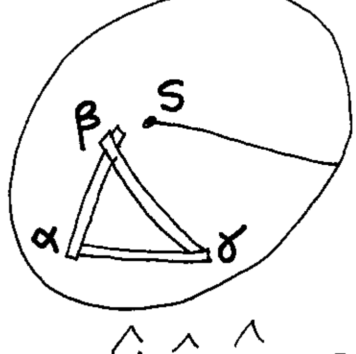
disque

S θ

S

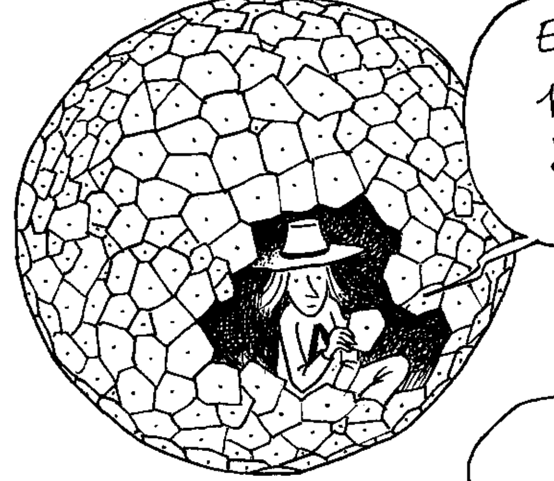


$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = \pi + \theta$



$\hat{\alpha} + \hat{\beta} + \hat{\gamma} = \pi$

(*) LE TROU NOIR page 9

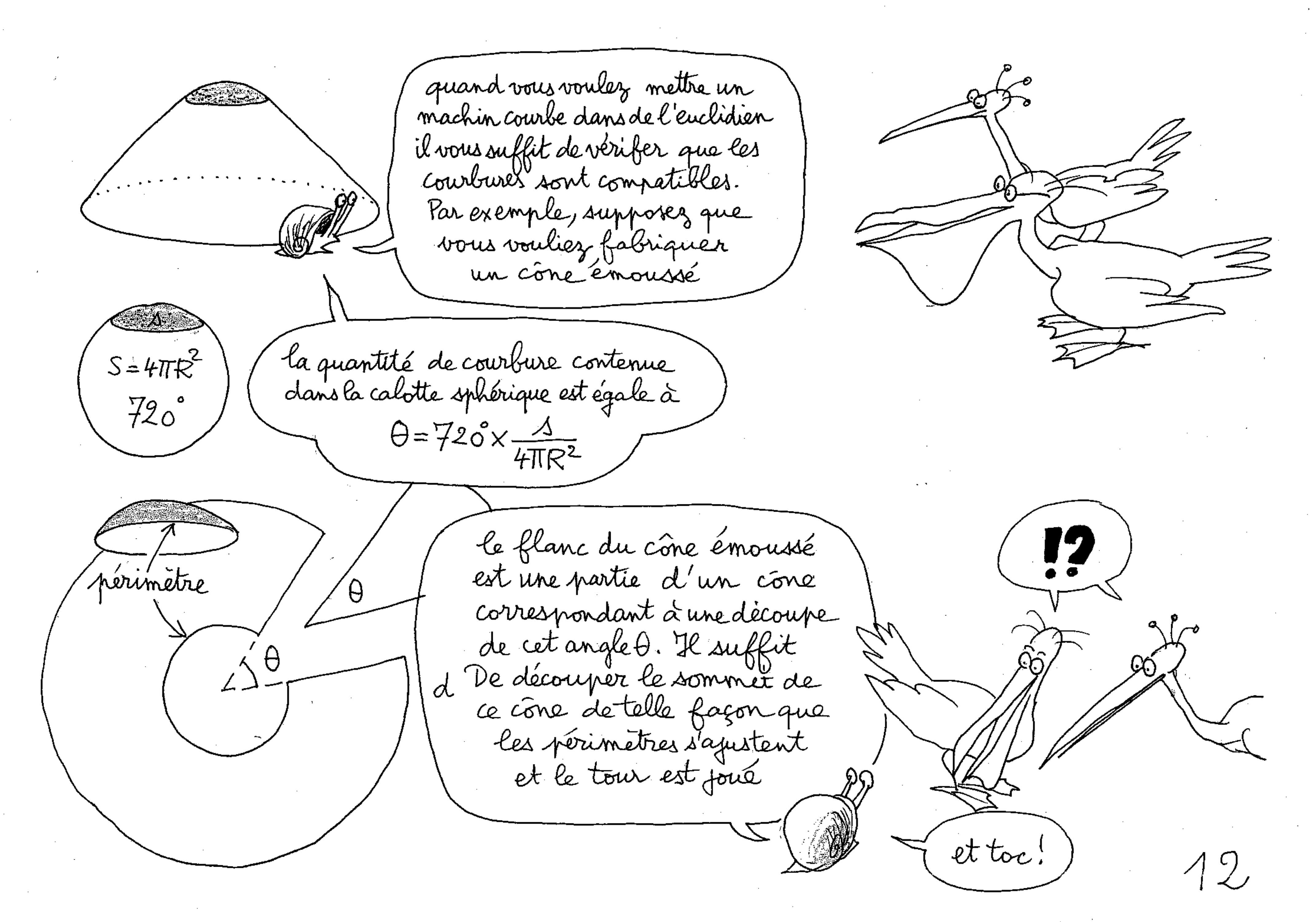


En assemblant le plus régulièrement possible un nombre N de microcônes d'angle θ, je constate que lorsque $N \times \theta = 720°$ j'obtiens.... une sphère !

C'est normal puisque la COURBURE TOTALE de la sphère vaut 720°

maintenant, sors de là mon chéri

dessin extrait de la page 37

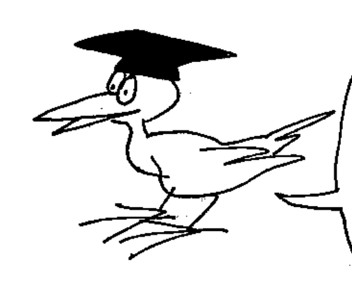


quand vous voulez mettre un machin courbe dans de l'euclidien il vous suffit de vérifer que les courbures sont compatibles. Par exemple, supposez que vous vouliez fabriquer un cône émoussé
s
S = 4πR²
720°
la quantité de courbure contenue dans la calotte sphérique est égale à
θ = 720° × s / 4πR²
périmètre
θ
θ
le flanc du cône émoussé est une partie d'un cône correspondant à une découpe de cet angle θ. Il suffit d De découper le sommet de ce cône de telle façon que les périmètres s'ajustent et le tour est joué
!?
et toc !

MATIÈRE, ViDE...

Bon, si j'ai bien compris, dans l'Univers, la matière occupe des sortes d'îlots dans l'espace, avec beaucoup de vide autour, ou entre. Mais le **ViDE** c'est quoi ?





Pour un physicien, le vide parfait, empli de **RiEN** ne peut exister. Il faudrait que l'univers entier soit au zéro absolu - Ce vide parfait serait impossible à isoler, même avec une enceinte parfaitement étanche. Celle-ci rayonnerait et ce "vide" se peuplerait par les photons émis à la paroi (*)

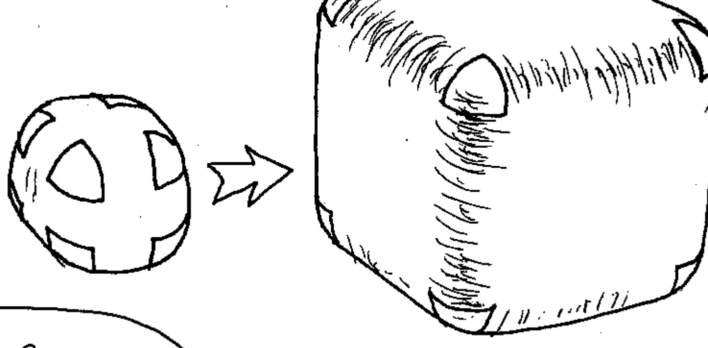
autrement dit, ces grands vides entre les galaxies ont été remplis par les photons émis par... les étoiles ?



Il faut relire **BiG BANG**. L'observation a révélé en 1967 la présence dans tout l'univers de photons extrêmement nombreux (un milliard de fois plus nombreux que les particules de matière). Ils forment le **FOND DE RAYONNEMENT COSMOLOGiQUE A' 3°K**. A touche-touche ce sont ces photons qui constituent ce que nous appeler le "Vide Cosmique" et ce sont eux qui peuplent ces bulles de 100 millions d'années lumière de diamètre

(*) Correspondant à $h\nu = \frac{hc}{\lambda} = kT$ où **T** est la température absolue de la paroi.
c est la vitesse de la lumière, **h** la constante de Planck et **k** la constante de Boltzmann

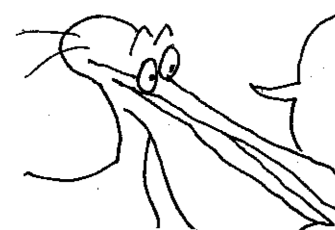
en somme l'image proposée par Anselme : celle d'un cube aux coins arrondis constitués par des huitièmes de sphère, constants, joints par une surface extensible, un "vide" constitué de "photons jointifs", n'est pas si mauvaise





mais les photons, ça bouge ! Je ne comprends pas cette image d'un "tissu de photons jointifs"

Tu as raison. Les vagues, elles aussi, bougent. Il faut plutôt imaginer une sorte de "**CLAPOT**" sans cesse agité par des vagues dont la longueur d'onde serait de quelques millimètres (*)



donc, si ce "**CLAPOT**" se dilate, cela signifie qu'il apparaît de nouvelles "vagues"



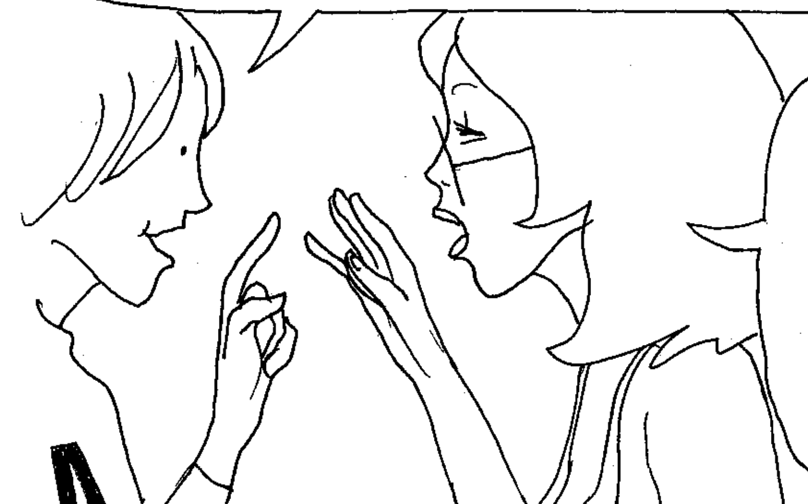
Non, ce sont les "vagues" qui se dilatent. La longueur d'onde λ de ces photons "cosmologiques" croît comme la dimension **R** de l'Univers

(*) $\lambda = \frac{hc}{kT}$; $h = 6{,}63\ 10^{-34}$

$c = 3\ 10^{8}$ m/s ; $k = 1{,}38\ 10^{-23}$

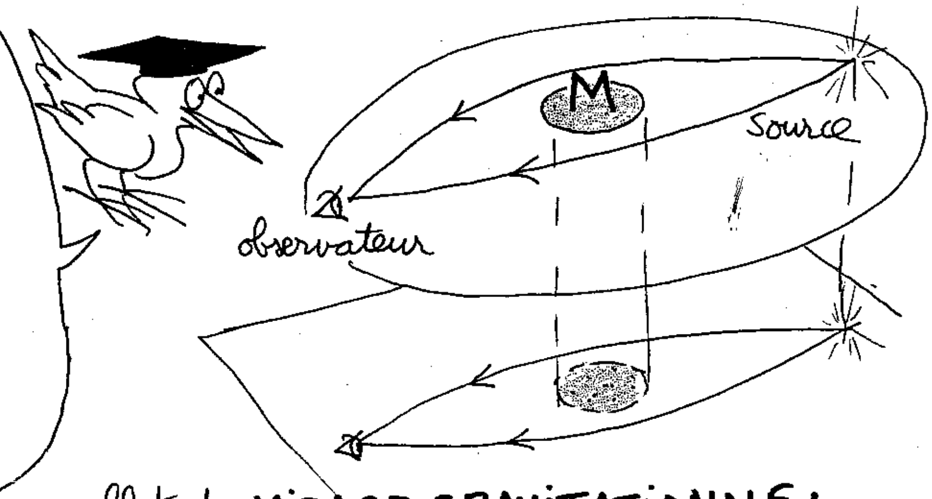
$T = 3°K \Rightarrow \lambda = 5\ 10^{-3}$ m

Sophie, le contenu en énergie de l'Univers est la somme de deux choses. L'énergie mc^2 des particules dotées d'une masse qui, si m et c sont des constantes, se conserve et, l'énergie $h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ des photons cosmologiques. Si leur nombre se conserve et qu'alors leur longueur d'onde λ croit comm la **LA DIMENSION CARACTÉRISTIQUE R** de l'Univers cela signifie que leur énergie décroit. Donc **CE COSMOS PERD DE L'ENERGIE**



Ne t'imagine pas que tout soit simple et bien compris. Le **MODÈLE COSMOLOGIQUE** est un simple **OBJET GÉOMÉTRIQUE**, solution de **L'EQUATION D'EINSTEIN** qui est incapable de gérer l'existence des particules qui, elle, relève de la **MÉCANIQUE QUANTIQUE**. Or tu sais que le mariage n'est pas fait.

autrement dit, on prend une **HYPERSURFACE 4d** et on y loge des particules en supposant que celles-ci suivent ses géodésiques.. Cette **HYPOTHÈSE** permet de faire des **PRÉDICTIONS** pour les photons, comme leur déviation par une masse par effet de **LENTILLE GRAVITATIONNELLE**, ce qui a pu être mis en évidence en 1915 à l'occasion d'une éclipse totale du Soleil par la Lune

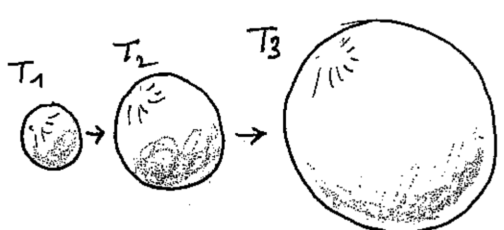


effet de **MIRAGE GRAVITATIONNEL**

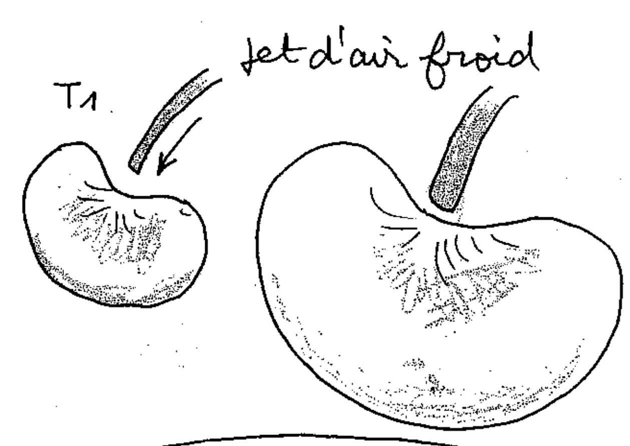
MODÈLE COSMOLOGIQUE

un **MODÈLE COSMOLOGIQUE** c'est une solution d'une équation de champ comme l'équation d'EINSTEIN $S \Leftarrow \chi T$ qui doit se lire "dans le sens de la flèche". T représente le **CONTENU EN ÉNERGIE-MATIÈRE** de l'univers qui **DÉTERMINE LA GÉOMÉTRIE** d'une **HYPERSURFACE** à quatre dimension, qui sera **L'ESPACE-TEMPS.** Montrons comment la distribution de l'energie dans un objet peut déterminer sa géometrie. Considerons une enceinte ayant la forme d'une sphère à la température ordinaire. Arrangeons-nous pour la chauffer de manière non-uniforme, par exemple en la plaçant dans une ambiance gazeuse de plus en plus chaude, mais en refroidissant une partie avec un jet d'air froid L'objet va se dilater et sa forme, sa géométrie dépendra de la valeur de la température en tout point de cette enceinte métallique

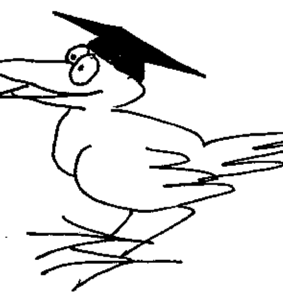
La Direction



une sphère creuse, de métal, placée dans une ambiance gazeuse de température croissante se dilatera en conservant sa **SYMÉTRIE SPHÉRIQUE** Mais si par exemple on contrarie localement sa dilatation avec un jet d'air froid elle prendra l'allure d'une cacahuète :



on pourra parler de **CHAMP DE TEMPÉRATURE**



Anselme a construit un modèle géométrique **2d** d'un univers inhomogène, avec des régions qui ne se dilatent pas, entourées d'immenses vides en expansion. C'est un des aspects-clés du Cosmos tel que nous le connaissons aujourd'hui. Avant, les cosmologistes se représentaient l'univers comme une sorte de gaz, uniforme, dont les "molécules" étaient les galaxies (*). Ce modèle a vécu. Or personne, actuellement, n'est capable de construire une solution de l'équation d'Einstein qui n'ait pas la symétrie de la sphère S3. On tente donc de décrire un monde foncièrement inhomogène, lacunaire en invoquant des solutions parfaitement "lisses", homogènes.

Ceci étant, quand on extrait d'une équation de champ comme celle d'Einstein, sous la forme d'une hypersurface à quatre dimensions, que fait-on ? Il reste à la **CARTOGRAPHIER**, à plaquer sur elle un système de coordonnées (x, y, z, t), les trois premières se référant à la position d'un point de cette hypersurface et la 4e étant censée figurer le **TEMPS**. Et c'est là que le **GÉOMÈTRE** passe le relais au **PHYSICIEN**.

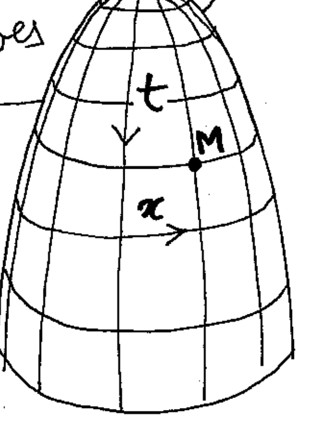


(*) Un "univers empli de "poussière", parce que les vitesse d'agitation des galaxies étaient petites devant **c**

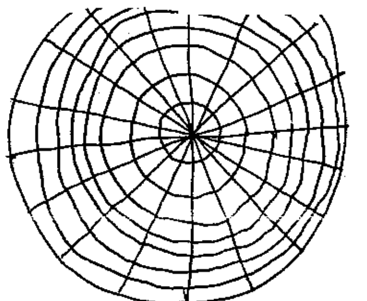
CARTOGRAPHIER

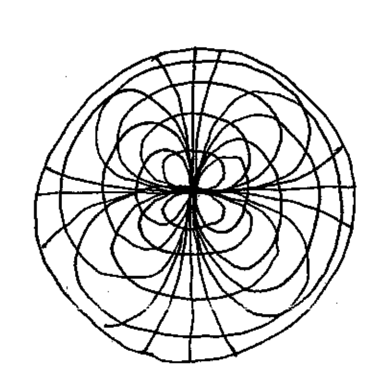
considérons une surface en forme de paraboloïde, de "motte de beurre". On peut repérer la position d'un point M à l'aide de deux nombres, qu'on appelera **COORDONNÉES**. Mais pour une même surface il existe une infinité de choix de **SYSTÈMES DE COORDONNÉES** possibles. On peut par exemple couper celle-ci par deux familles de plans, les sections constituant deux familles de courbes

si cette motte de beurre est censée figurer l'image d'un espace-temps 2d alors il doit quand même exister un choix particulier de coordonnées qui définissent sans ambiguïté **L'ESPACE et LE TEMPS** ?







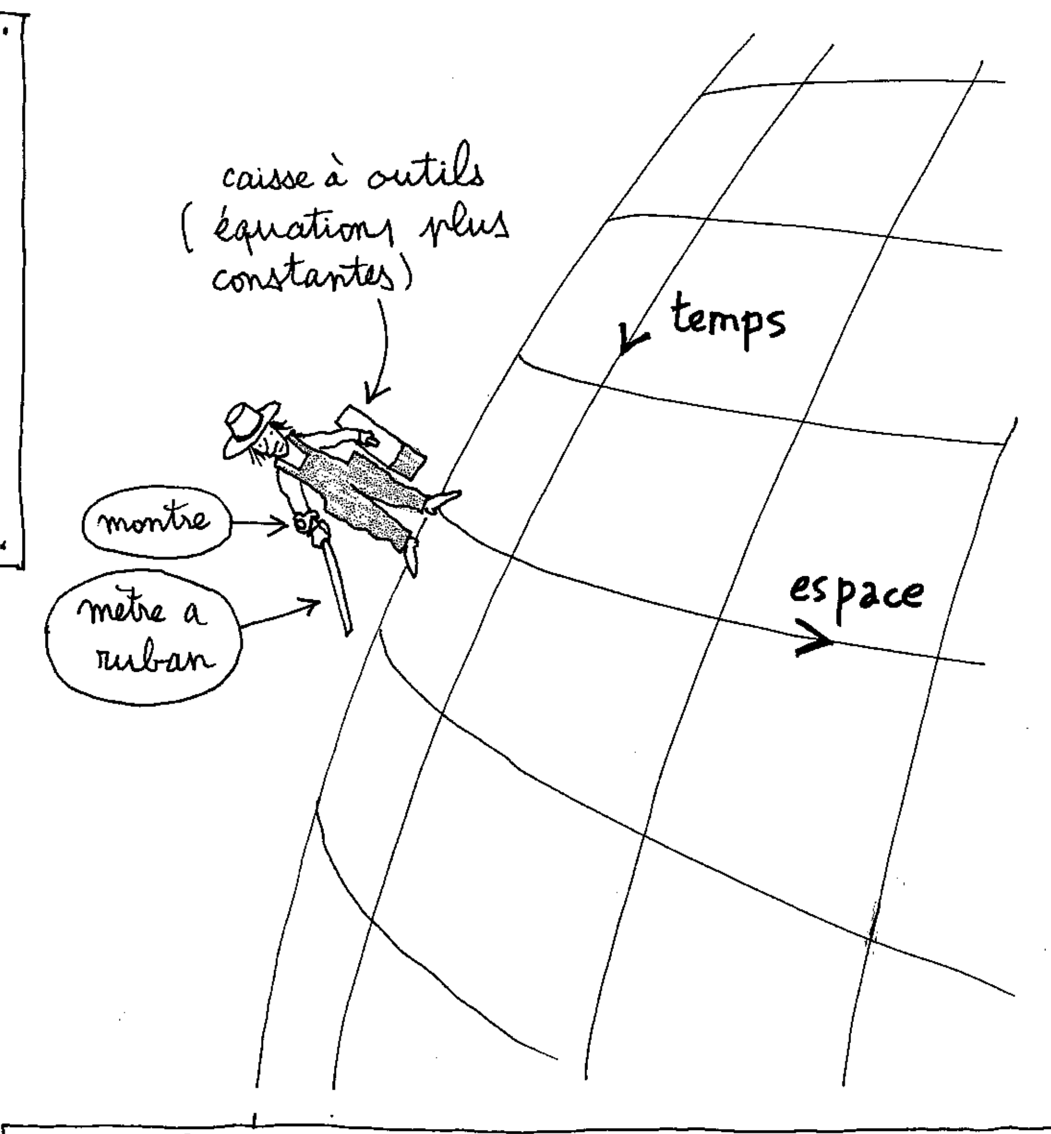




DESSINE MOI UN MOUTON (*)

Un des changements paradigmatiques majeurs de ce début de siècle a été de considérer que nous vivionnon dans un **ESPACE 3d** mais dans une **HYPERSURFACE 4d**. A la même époque des équations ont complété celles qu'on possédait déja, comme les équations de Maxwell, de l'electromagnétisme. Des **PHÉNOMÈNES NOUVEAUX** ont apporté un nouveau lot d'**OBSERVABLES**, comme la charge électrique. Le **PHYSICIEN** s'est doté d'une "caisse à outils" constituée par un jeu d'équations interdépendantes où figuraient des "Constantes".

- **G** : constante de la gravitation
- **c** : vitesse de la lumière
- **m** : masses élémentaires (nucléons, électrons)
- **h** : Constante de Planck
- **e** : charge électrique élémentaire
- μ_0 : "perméabilité magnétique du vide"
- α : Constante de structure fine (géométrie des atomes)



On découvrit qu'il y avait les mêmes atomes partout dans l'univers, que celui-ci évoluait, avait un passé et un futur et que nous habitions dans une portion minuscule d'espace-temps

(*) Une phrase que les lecteurs du **PETIT PRINCE**, traduit en de nombreuses langues, comprennent parfaitement

On découvrit que le **RAYONNEMENT** et la **MATIÈRE** n'étaient que deux manifestations d'une même entité, l'**ENERGIE-MATIERE**, selon la célèbre loi d'équivalence $E = mc^2$ et on s'empressa de le vérifier expérimentalement à travers de très belles expériences effectuées en plein air.

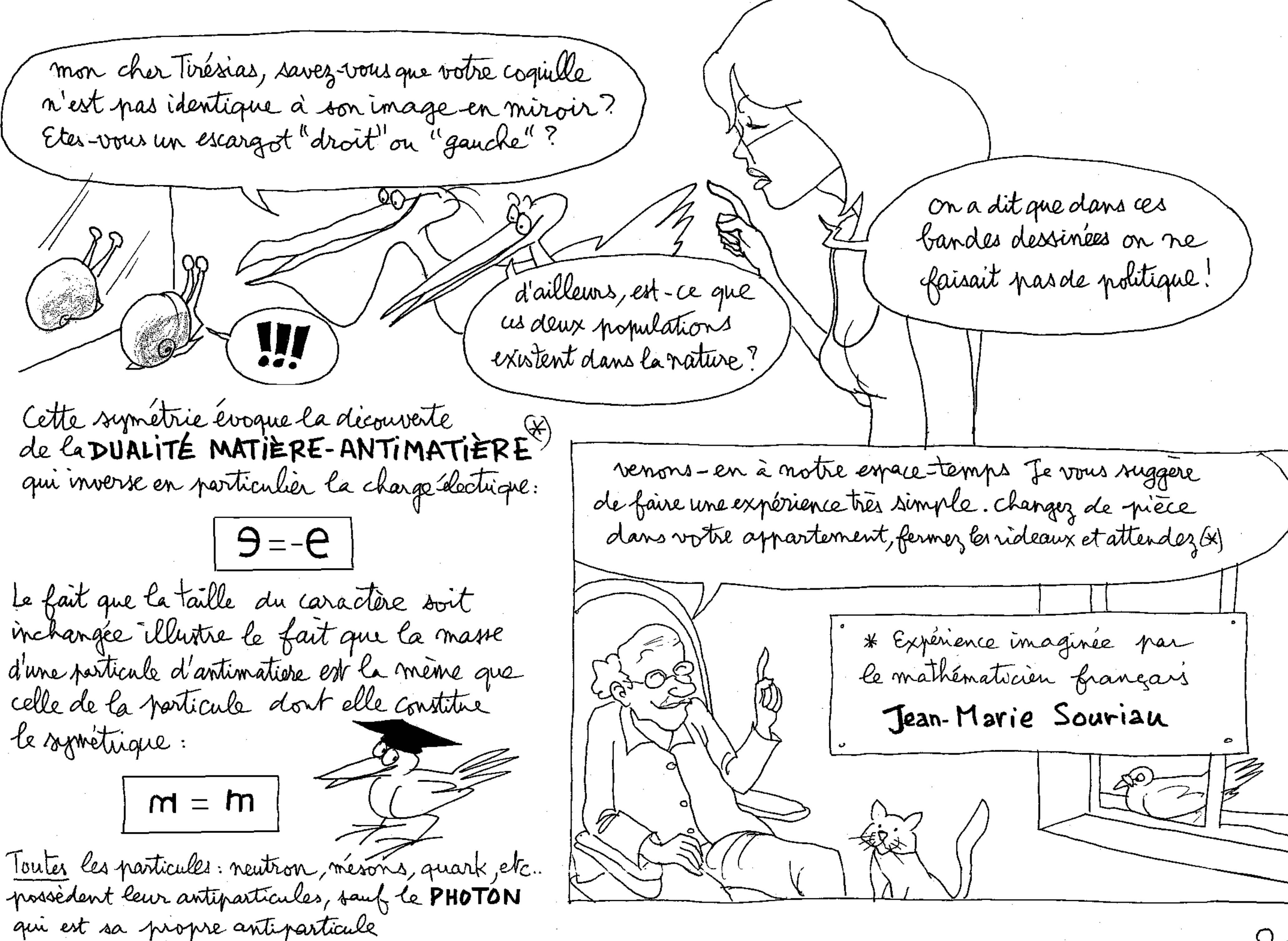
Il restait à étudier **LOCALEMENT**, les propriétés de notre hypersurface-habitat.

imaginons que nous vivions sur une surface dont la courbure varie peu d'un point à l'autre. Nous pouvons faire glisser sur celle-ci une décalcomanie : e

on s'apercevrait alors que la décalcomanie est **INVARIANTE** si on la fait tourner ou si on la déplace (un peu, pas trop) (*)

mais on découvrirait aussi qu'on ne modifie pas la taille de la décalcomanie en la **RETOURNANT**, puisqu'en la retournant de nouveau on la retrouve à l'identique (invariance "en miroir")

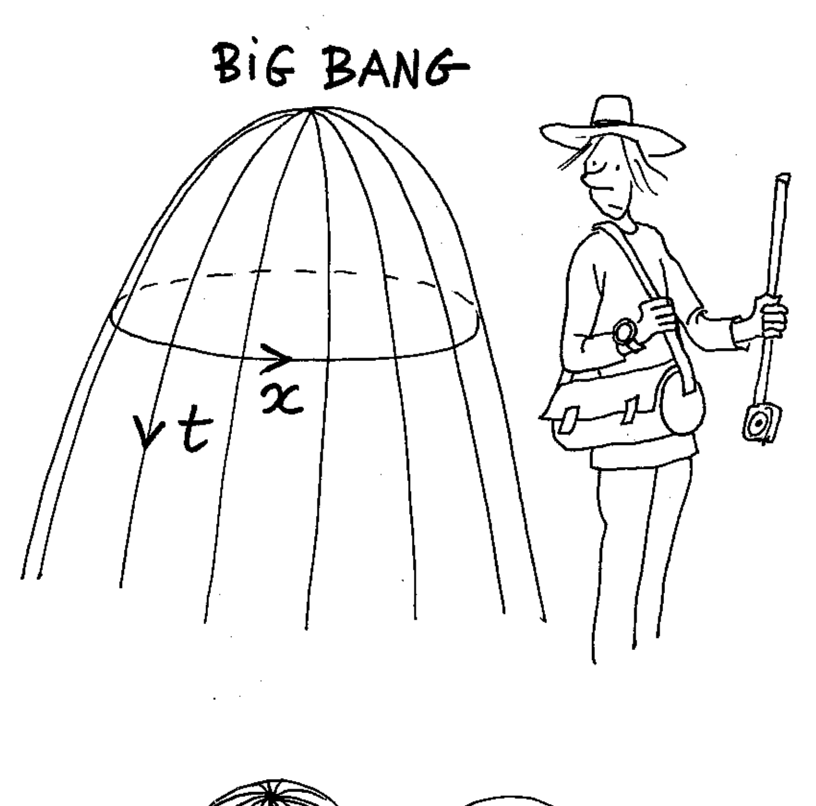
(*) On dira que cet espace est localement invariant par les **GROUPES** des **ROTATIONS** et des **TRANSLATIONS**



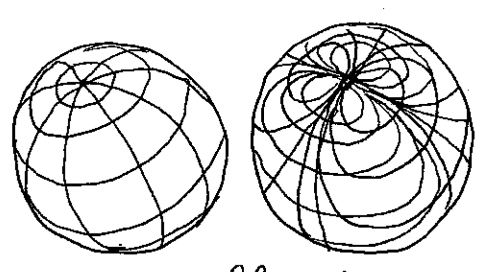
mon cher Tirésias, savez-vous que votre coquille n'est pas identique à son image en miroir? Etes-vous un escargot "droit" ou "gauche" ?
!!!
d'ailleurs, est-ce que ces deux populations existent dans la nature?
On a dit que dans ces bandes dessinées on ne faisait pas de politique!
Cette symétrie évoque la découverte de la DUALITÉ MATIÈRE-ANTIMATIÈRE (*) qui inverse en particulier la charge électrique:
ɘ = -e
Le fait que la taille du caractère soit inchangée illustre le fait que la masse d'une particule d'antimatière est la même que celle de la particule dont elle constitue le symétrique :
m = m
Toutes les particules : neutron, mésons, quark, etc.. possèdent leur antiparticules, sauf le PHOTON qui est sa propre antiparticule
venons-en à notre espace-temps. Je vous suggère de faire une expérience très simple. Changez de pièce dans votre appartement, fermez les rideaux et attendez (*)
* Expérience imaginée par le mathématicien français Jean-Marie Souriau



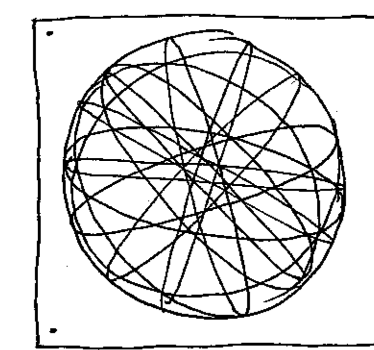
(*) Cette propriété "d'invariance par les rotations lorentziennes résume à elle seule tous les aspects si déconcertants de la théorie de la RELATIVITÉ RESTREINTE



Dans l'hypersurface constituant la solution de l'équation d'EINSTEIN il existe des courbes particulières qui restent les mêmes quel que soit le système des coordonnées choisi, ce sont ses **GÉODÉSIQUES**
De même l'infinité des géodésiques qui s'inscrivent sur une sphère est indépendante du système des coordonnées qui servent à les repérer sur la surface.

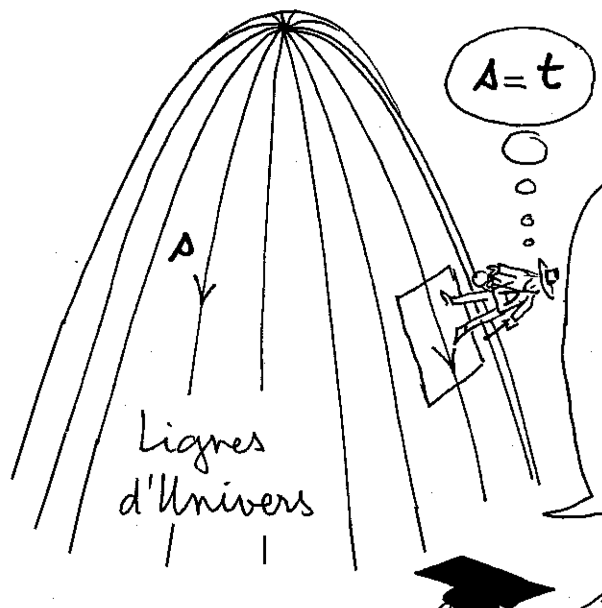


Ensembles de Coordonnées

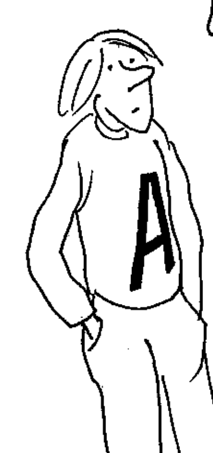


GÉODÉSIQUES : l'infinité des **GRANDS CERCLES** de la Sphère

lustre constitué par des géodésiques



Dans l'hypersurface on sélectionna une famille de géodésiques, convergeant vers un point. On décida d'identifier l'abcisse curviligne s, mesurée le long de ces courbes, rebaptisées **LIGNES D'UNIVERS** serait identifié à un **TEMPS COSMIQUE** t



Perpendiculairement à ces lignes se trouvait, constitués par des points situés à la même **ÉPOQUE** s, une hypersurface à trois dimensions qu'on identifia à l'espace de la **PHYSIQUE**. Image 2d ci-contre

s

ESPACE

A

B

s

la grandeur s a un **CARACTÈRE INTRINSÈQUE**
Sur n'importe trajet $\widehat{AB}$ tracé sur la sphère la distance parcourue est s

le modèle Cosmologique dit aussi **MODÈLE STANDARD** est une solution

R

O

s

$R \sim s^{2/3}$

tout cela avec le jeu complet d'équations peuplées des grandeurs $G, c, m, e, \alpha, \mu_0$, considérées comme des **CONSTANTES ABSOLUES**. L'identification de s au temps marchait alors assez bien. Cette idée donna alors naissance au modèle du **BIG BANG**

et alors ?

(*) On appelle aussi ce choix celui de **COORDONNÉES GAUSSIENNES**

Ce **Modèle Standard** eut ses heures de gloire, ses chantres, ses grands prêtres. On avait même calculé que le devenir lointain de l'univers dépendait de son actuelle densité, selon que celle-ci serait inférieure, égale ou supérieure à une valeur critique égale à 10^{-29} gr/cm^3 (*) la découverte qu'au contraire l'univers accélérait sur le tard sonna le glas de ce modèle (voir **L'UNIVERS GÉMELLAIRE**

$\rho_{cr} = 10^{-29}$ gr/cm^3

R

0

(1)

(2)

(3)

alors les hommes se sont tournés vers le passé ?

La **MÉCANIQUE QUANTIQUE** se déclarait incapable de décrire des phénomènes se déroulant pendant des temps inférieurs au

$$\textbf{temps de Planck } t_p = \sqrt{\frac{hG}{c^3}} = 10^{-43} \text{ sec}$$

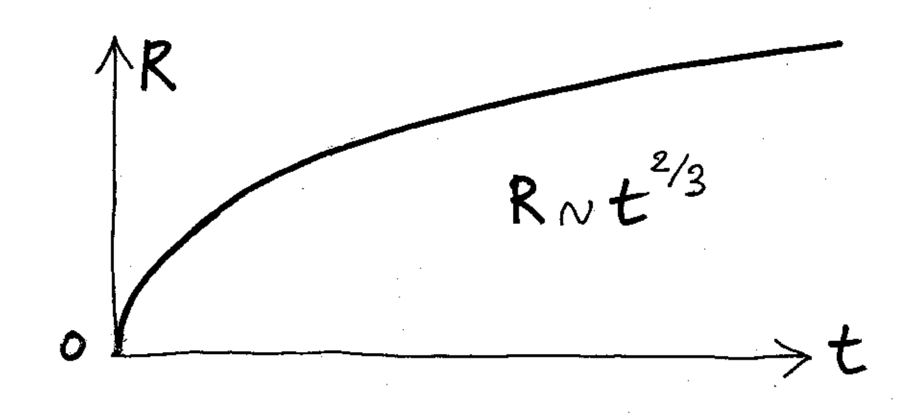
ou sur des distances inférieures à

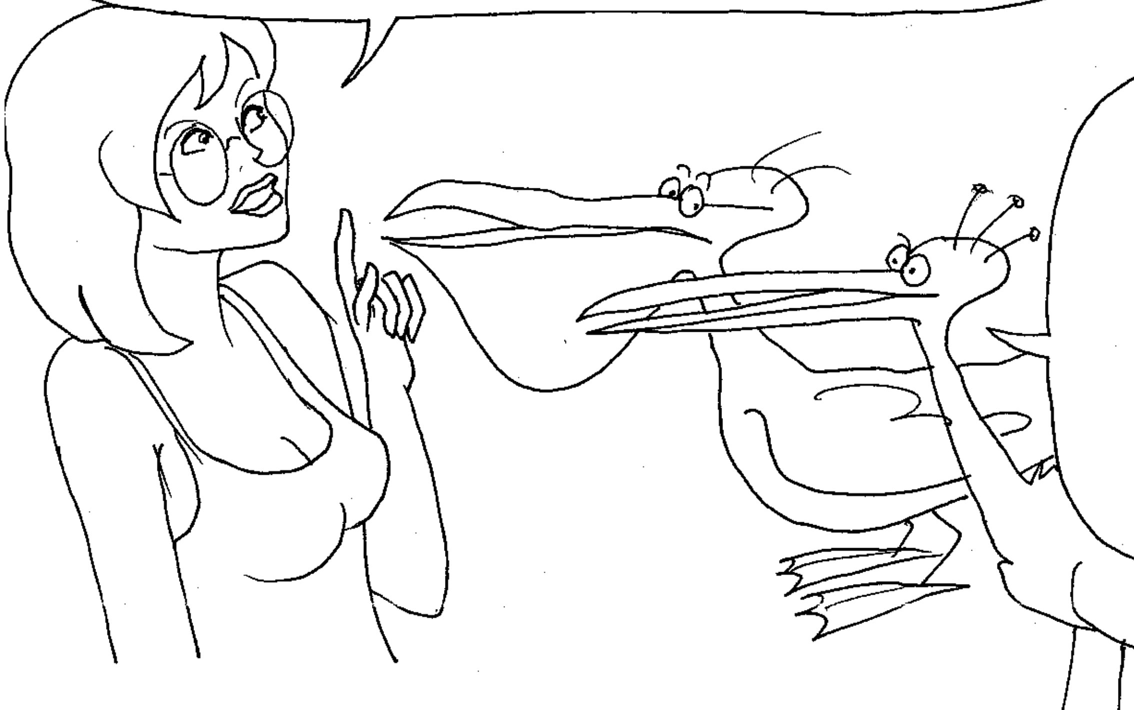
$$\textbf{la longueur de Planck } L_p = \sqrt{\frac{hG}{c^5}} = 10^{-33} \text{ cm}$$

(*) Voir les dernières pages du **GÉOMETRICON** (1980)

LE MUR DE PLANCK

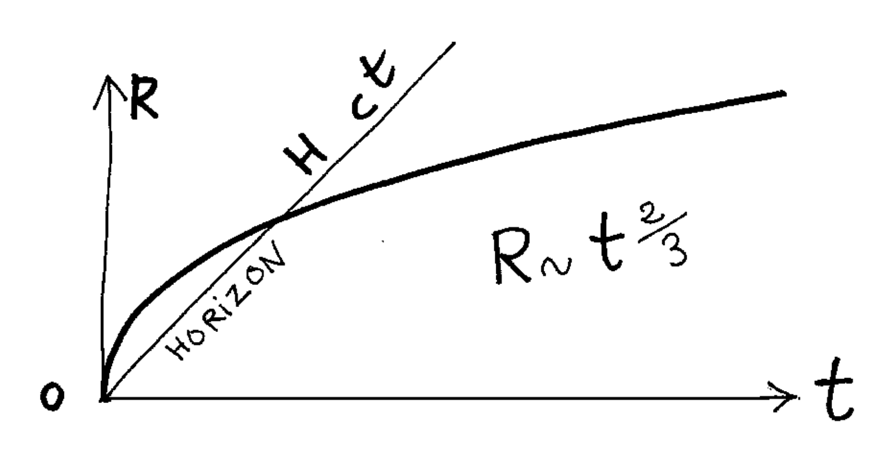
Personne ne doutant que ce qui fonctionnait dans le présent put garder sa validité dans le plus lointain passé, on spécula gravement sur l'état possible de l'Univers quand t était inférieur au temps de Planck et cela sans se rendre compte une seule seconde que ceci reposait fondamentalement sur l'hypothèse que **G**, **h** et **c** soient des **CONSTANTES ABSOLUES** non affectées par l'évolution cosmique



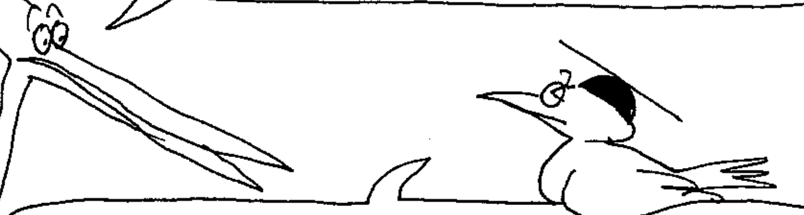


attendez, attendez ! Je peux vous citer des tas d'articles publiés par les gens les plus sérieux, qui ont montré que si on touchait à l'une de ces constantes si on supposait la moindre variation au fil de l'évolution cela entraînait des contradictions insoutenables vis à vis des observations !

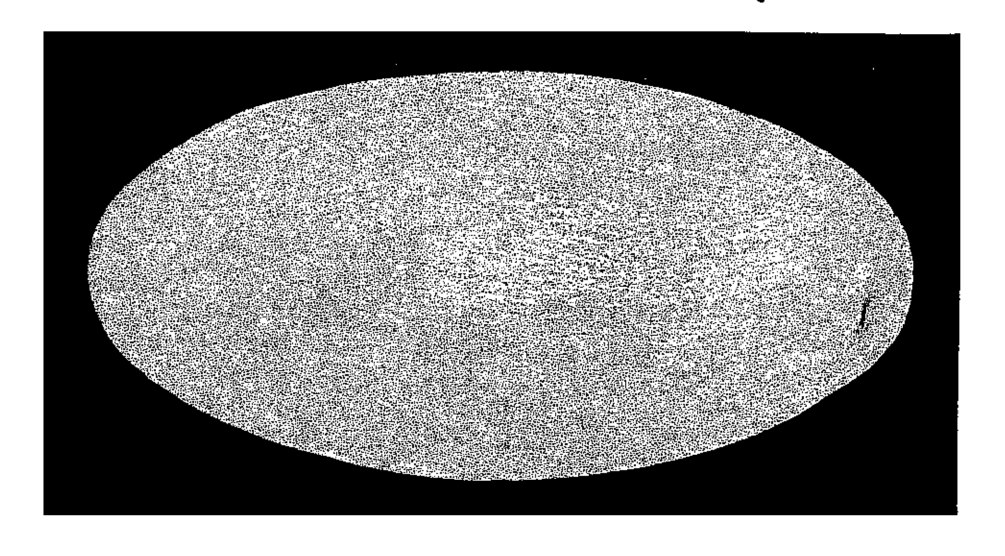
CiRCULEZ ! Y A RiEN A VOiR



En 1992 le satellite COBE, effectuant les premières mesures précises sur le rayonnement primordial, le CMB(*) qui fournit une image de l'univers dans ses premiers instants a montré que celui-ci était homogène à un cent millième près



En exclusivité : L'Univers primitif



tel qu'il est réellement !

(*) Cosmic Microwave Background

cette fantastique homogénéité est un paradoxe incontournable. Si la vitesse de la lumière est constante, alors une onde électromagnétique (*) émise depuis l'instant zéro se propagera selon une bulle de rayon **ct**, qu'on appelle **HORIZON COSMOLOGIQUE**. Or, voir la courbe de la page précédente, la distance entre les particules croît comme **R**. Donc à cette époque les particules s'éloignent à une vitesse supérieure à **c**. Elles s'ignorent donc totalement.. C'est un univers autistique. Comment expliquer dans ces conditions qu'un univers dont les particules n'ont jamais interagi les unes avec les autres présente un tel degré d'homogénéité?

(*) cheminant à la vitesse c

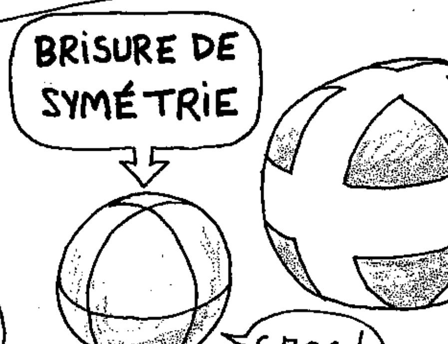
La Direction

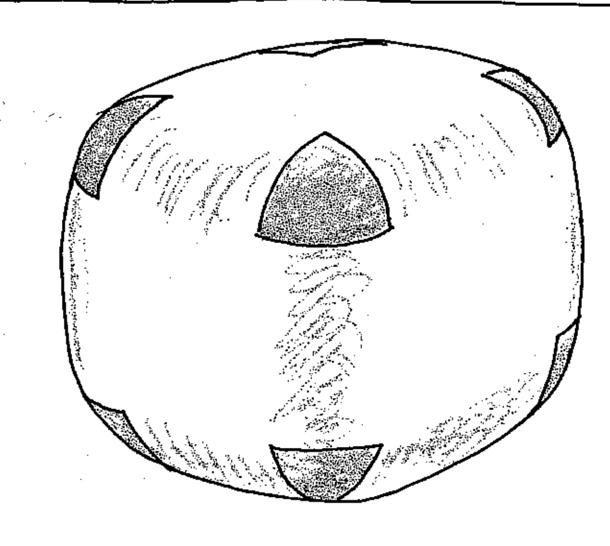
(**) Idée développée pour la première fois par l'auteur en 1988

"An interpretation of cosmological model with variable light velocity" Modern Phy. Lett. A. Vol3 n°16 nov 1988 p.1527

BRISURE DE SYMÉTRIE







Un objet ayant la symétrie du cube possède un certain nombre de plans de symétrie et d'axes de symétrie, de rotations discrètes de $\frac{\pi}{2}$, π, $\frac{3\pi}{2}$. Une sphère a un degré de symétrie incommensurablement plus élevé (*) puisque tout plan passant par son centre est un plan de symétrie et que la sphère reste invariante par une rotation d'un angle quelconque autour de n'importe quel axe passant également par son centre

(*) la symétrie O(2)

Mais le cube à coins émoussés n'était là que pour fixer les idées, donnant l'image d'un univers contenant huit "amas de matière" et agencé comme un polyèdre régulier. Toujours en deux dimensions on pourrait imaginer une sphère qui se fragmenterait en un très grand nombre de fragments rigides, reliés par des éléments de surface euclidiens et extensibles. Elle perdrait ainsi totalement sa symétrie initiale et se produirait ce qu'on appelle une **BRISURE DE SYMÉTRIE**. Or en physique théorique un tel évènement est synonyme de changements majeurs, par exemple sur la façon dont s'opérerait l'expansion de l'Univers

A l'inverse, quand il y a symétrie il y a invariance de quelque chose. Mais de quoi ?

Dans son célèbre livre "les trois premières minutes" (*) le prix Nobel Steven Weinberg disant que quand on remonte assez loin dans le passé, que le rayonnement crée sans cesse des paires de particules et d'antiparticules, qui s'annihilent et que les vitesses d'agitation thermiques de tous ces objets rejoint la vitesse de la lumière on peut considérer, en reprenant sa phrase que "**L'UNIVERS EST EMPLI DE TOUTES SORTES DE RAYONNEMENTS**"

alors !?!?



(*) Dont l'auteur se servit pour écrire **BIG BANG** en 1982

En suivant cette idée, quand des particules matérielles (*) tangenteraient la vitesse de la lumière elle se comporteraient alors comme du .... **RAYONNEMENT**, donc ...

elles deviendraient comme le "gaz de photons" : **COMPRESSIBLES**

Attendez, pas si vite ! La longueur d'onde λ_φ des photons varie comme **R**. Si ce que vous dites est vrai, alors la **LONGUEUR D'ONDE DE COMPTON** qui donne la "taille" des particules

$$\lambda_c = \frac{h}{mc}$$

varierait de la même façon ! Et pour cela il faudrait qu'une des constantes, par exemple **c**, varie à son tour !!!

pourquoi **UNE** constante, pourquoi pas **TOUTES** les constantes à la fois, pendant qu'on y est ?

ça devient passionnant !

(*) l'antimatière possède une masse **m** et une énergie mc^2 positives

bon, il y a toujours un moment où il faut se jeter à l'eau !
Je vais donc permettre à **TOUTES LES CONSTANTES** de la physique de varier, conjointement, en optant pour les quatre hypothèses suivantes :

- Toutes les équations de la physique devront rester satisfaites
- Toutes les longueurs caractéristiques varieront comme **R**
- Tous les temps caractéristiques varieront comme **t**
- Toutes les énergies, sous toutes les formes possibles seront conservées



En **RELATIVITÉ GÉNÉRALE** on trouve une longueur caractéristique qui est le **RAYON DE SCHWARZSCHILD** R_s

$L_S = \frac{2Gm}{c^2}$ donc va pour $\frac{Gm}{c} \sim R$ (*)

G est la "Constante de la Gravitation

(*) le signe ~ signifie "variant comme"

Toujours au rayon de la Relativité Générale la célèbre équation d'Einstein s'écrit :

$$S = -\frac{8\pi G}{c^2} T$$

où la fraction représente la **CONSTANTE D'EINSTEIN** (*). Pour des raisons mathématiques elle doit être invariante, ce qui me donne :

$$G \sim c^2$$

Je combine et j'obtiens ma première loi :

$$m \sim R$$

la masse **m** croît avec la dimension caractéristique **R** de l'univers. Ma foi, pourquoi pas? Combinons avec mon hypothèse de conservation de l'énergie mc^2 = CONSTANTE

$$c \sim \frac{1}{\sqrt{R}}$$

tiens, un modèle à vitesse de la lumière variable ! Continuons

cela me donne au passage une constante de la gravitation qui varie comme

$$G \sim \frac{1}{R}$$

ZZZ...

maintenant je rajoute dans ma marmite le fait que les particules soient compressibles, c'est à dire

$$\lambda_c = \frac{h}{mc} \sim R$$

j'obtiens une constante de Planck qui évolue selon

$$h \sim R^{3/2}$$

ZZZ

(*) écrite dans des ouvrages récent $\chi = -\frac{8\pi G}{c^4}$ mais cette différence relève de la façon dont on écrit les termes du tenseur T


et alors, voyons...
ZZZ


QUOI !?!
!!
BOUM !!


Tirésias, la longueur de Planck varie comme R : le mur de Planck est tombé. Il n'existe plus !
$L_P = \sqrt{\frac{RG}{c^3}} \sim R$
?...

tu sais, je pense à une chose...
QUOUÂ ?
ZZZZ
je pense à tous les ennemis que tu es en train de te faire



(*) pour l'invariance des équations de Maxwell, Schrödinger, etc... voir l'annexe

c'est un joli exercice de mathématiques. Mais quel intérêt si vous ne pouvez rien mesurer du tout ? C'est comme s'efforcer de mettre en évidence l'élévation de température d'une pièce en mesurant la dilatation d'une table en fer en utilisant une règle faite du même métal

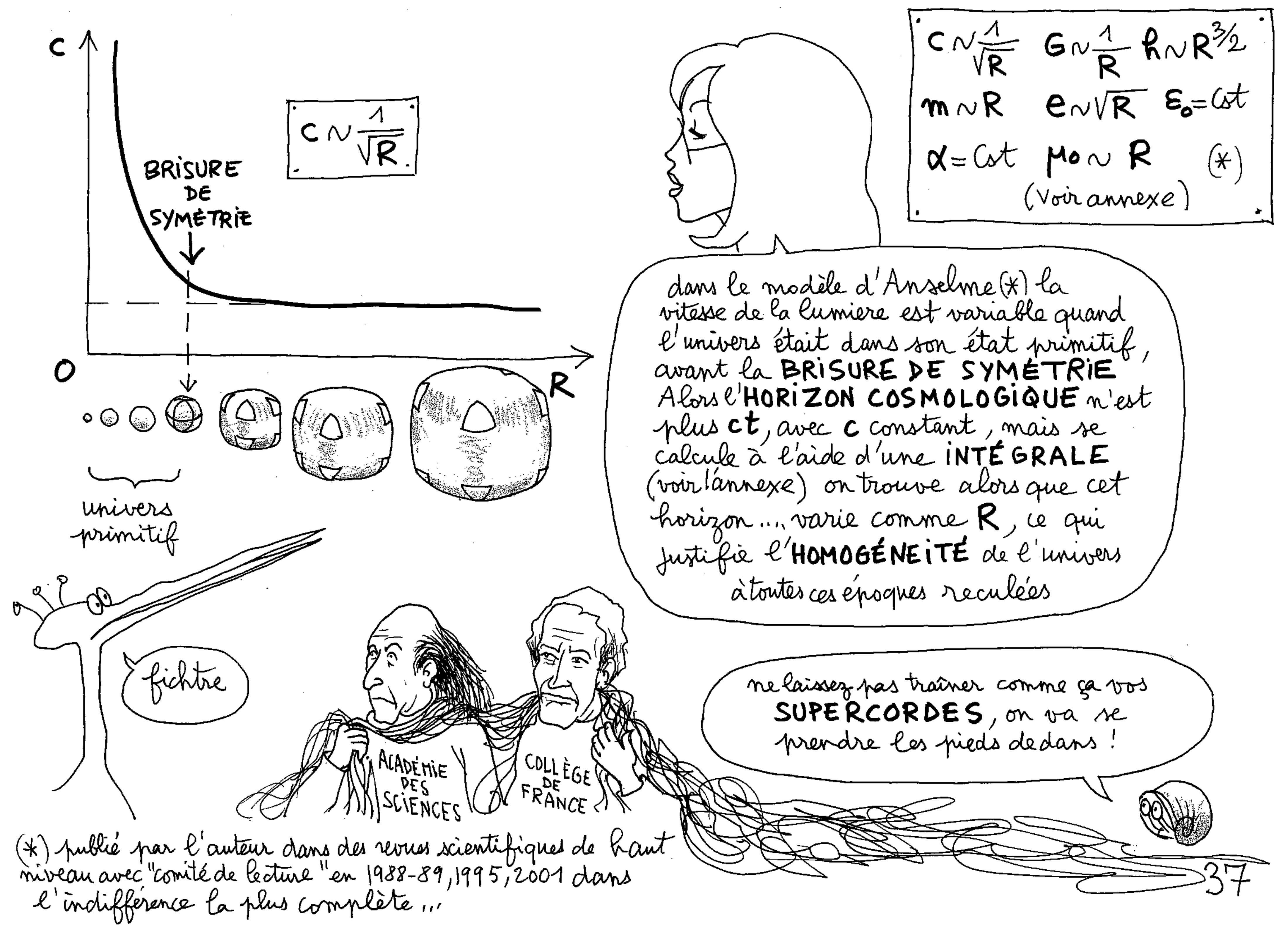
Hi, Hi !

attends, attends, il y a quelque chose qu'on **OBSERVE** et que ce modèle pourrait être à même d'expliquer

ah bon, et c'est quoi ?

ça !

L'Univers primitif



(*) publié par l'auteur dans des revues scientifiques de haut niveau avec "comité de lecture" en 1988-89, 1995, 2001 dans l'indifférence la plus complète...



FiN

ANNEXE

Commençons par calculer **l'HORIZON COSMOLOGIQUE**

Quand la vitesse de la lumière ne varie pas cet horizon est simplement $H = c\,t$

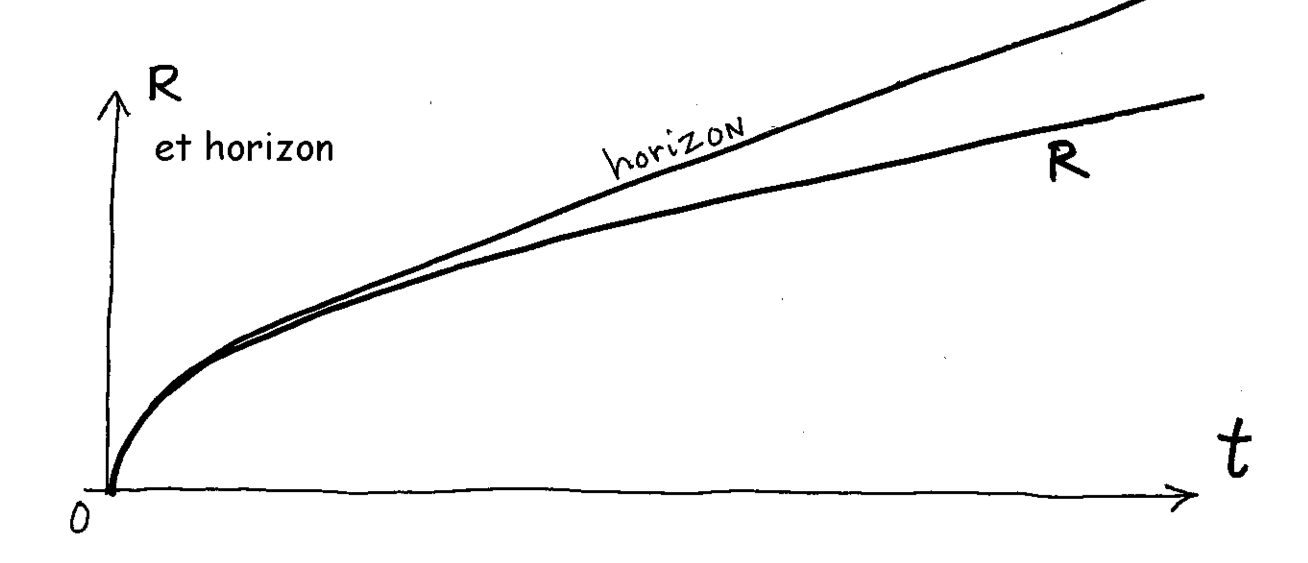
Dans le jeune univers cette vitesse varie $c \sim \frac{1}{\sqrt{R}}$

L'horizon s'exprime alors à l'aide d'une intégrale : $H = \int_0^{t(present)} c(t)\,dt \sim \int_0^{t(present)} \frac{dt}{\sqrt{R}}$

mais $t \sim R^{3/2} \Rightarrow dt \sim \sqrt{R}\,dR \Rightarrow \text{horizon} \sim \int_0^{R(present)} dR = R$

$$\boxed{\text{horizon} \sim R}$$

Pour résumer, schématiquement



RELATION FONDAMENTALE D'INVARIANCE DE JAUGE

Toutes les équations de la physique sont invariantes par cette transformation de jauge dans lesquelles on traite non seulement les grandeurs d'espace et de position comme des variables, mais aussi les "constantes" qui figurent dans ces équations. En rendant ces équations adimensionnelles on fait apparaître des relations de jauge. Prenons l'exemple des équations de Maxwell :

$$\boxed{\nabla \times B = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial E}{\partial t}} \quad \boxed{\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}} \quad \boxed{\nabla \cdot B = 0} \quad \boxed{\nabla \cdot E = \frac{\rho_e}{\varepsilon_0}}$$

Appliquons cette méthode de mise sous forme adimensionnelle " généralisée ":

$$B = \mathbf{B}\,\beta \;;\; E = \mathbf{E}\,\varepsilon \;;\; c = \mathbf{c}\,\xi \;;\; t = \mathbf{t}\,\tau \;;\; \frac{\partial}{\partial t} = \frac{1}{\mathbf{t}}\frac{\partial}{\partial \tau}$$

$$\nabla = \begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial x_1} = \dfrac{1}{\mathbf{R}}\dfrac{\partial}{\partial \varphi_1} \\ \dfrac{\partial}{\partial x_2} = \dfrac{1}{\mathbf{R}}\dfrac{\partial}{\partial \varphi_2} \\ \dfrac{\partial}{\partial x_3} = \dfrac{1}{\mathbf{R}}\dfrac{\partial}{\partial \varphi_3} \end{cases} \quad \text{write } \delta \begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial \varphi_1} \\ \dfrac{\partial}{\partial \varphi_2} \\ \dfrac{\partial}{\partial \varphi_3} \end{cases}$$

$$\frac{\mathbf{B}}{\mathbf{R}}\,\delta \times \beta = -\frac{\mathbf{E}}{\mathbf{c}^2\mathbf{t}}\frac{\partial \varepsilon}{\xi^2 \partial \tau}$$

$$\frac{\mathbf{E}}{\mathbf{R}}\,\delta \times \varepsilon = -\frac{\mathbf{B}}{\mathbf{t}}\frac{\partial \beta}{\partial \tau}$$

en combinant ces deux relations on obtient : $\Rightarrow \boxed{\mathbf{R} = \mathbf{c}\,\mathbf{t}}$

qui s'accorde avec les relations obtenues plus haut.

Ecrivons que le **Rayon de Bohr** varie comme le facteur d'échelle **R**

$$R_b = \frac{\hbar^2}{m_e e^2} \sim R \; ; \; m_e \sim m \sim R \; ; \; e \sim \frac{\hbar}{R} \; ; \; \hbar \sim R^{3/2} \rightarrow \boxed{e \sim \sqrt{R}}$$

La constante de structure fine α détermine la géométrie des atomes. Choisissons d'en faire une constante absolue

$$\alpha = \frac{e}{\varepsilon_0 \hbar c} = C_{st} \Rightarrow \boxed{\varepsilon_0 = \text{Constant}}$$

ε_0 et μ_0 sont liés par la relation $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$ d'où $\boxed{\mu_0 \sim R}$

On a fait l'hypothèse que toutes les formes d'énergies étaient conservées. Une pression est une densité d'énergie par unité de volume, d'où

$$E_{magnet} = R^3 \frac{B^2}{2\mu_0} = C_{st} \Rightarrow \boxed{B \sim \frac{1}{R}}$$

$$E_{electr} = R^3 \varepsilon_0 E^2 = C_{st} \Rightarrow \boxed{E \sim \frac{1}{R^{3/2}}}$$

$$\Rightarrow \frac{E}{B} = \frac{1}{\sqrt{R}}$$

en accord avec ce que nous avons obtenu avec les équations de Maxwell : $\frac{E}{B} \sim \frac{R}{t} \sim \frac{1}{\sqrt{R}}$

Comment varient les vitesses **vitesses V** ?

L'énergie cinétique est : $\frac{1}{2} m V^2$ Si elle se conserve :

$$V \sim \frac{1}{\sqrt{R}} \sim c$$

Passons à la **masse volumique** $\rho = n \, m$

Si on suppose qu'il y a conservation des espèces, on a : $n R^3 = Cst$

$$\rho \sim \frac{1}{R^2}$$

Examinons comment se comporte la distance de Jeans, longueur caractéristique associée au phénomène de l'instabilité gravitationnelle : $L_J = \frac{V}{\sqrt{4 \pi G \rho m}}$ Il vient : $L_J \sim R$

De la même façon on trouvera que le temps de Jeans obéit à : $t_J = \frac{1}{\sqrt{4 \pi G \rho}} \sim t$

Quel que soit le domaine de la physique auquel on applique cette méthode, on retombe sur nos hypothèse fondamentales. On trouvera par exemple que les sections efficaces de collision varfient comme R^2 On trouvera par exemple que la distance de Debye varie comme R et ainsi de suite...

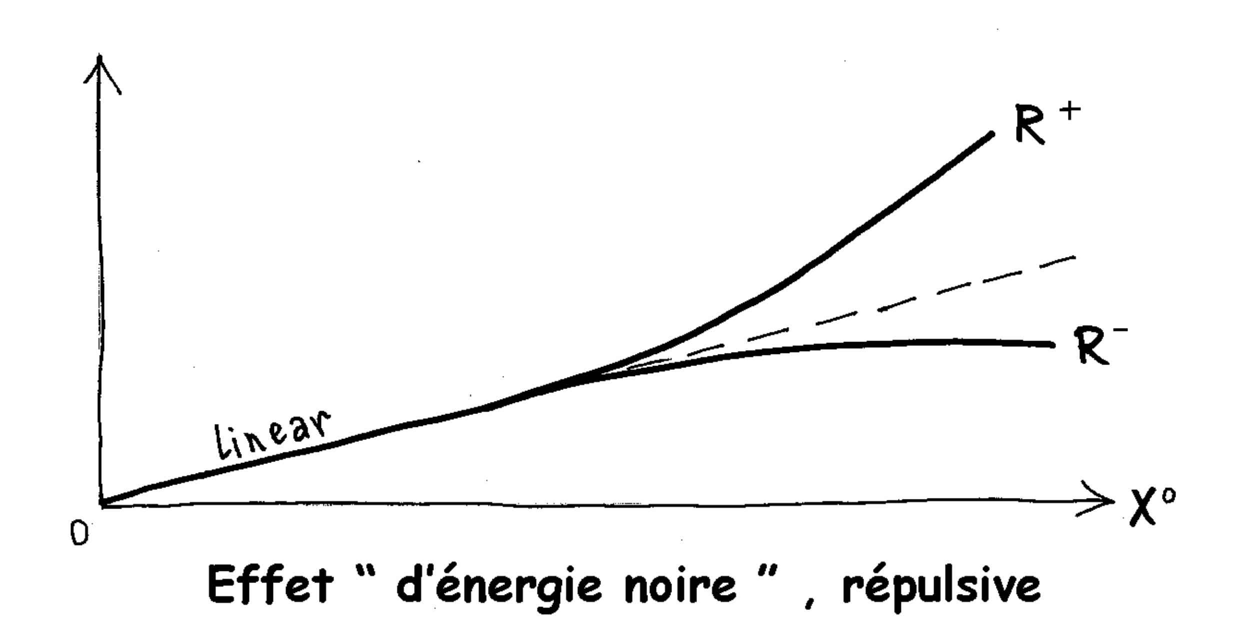
Pour achever ce travail nous devons maintenant envisager comment peut s'effectuer le lien avec notre modèle cosmologique bimétrique, décrit dans l'album :

L'UNIVERS GEMELLAIRE

Ce modèle fait apparaître deux facteurs d'échelle R^+ et R^-. En mettant en oeuvre (on ne sait pas faire autrement en cosmologie) les hypothèses d'isotropie et d'homogénéités dans les deux populations de masses nous avons chercher des " solutions conjointes " sous forme de métrique de Robertson-Walker, qui nous ont conduit au système des deux équations différentielles couplées ci-après :

$$\begin{cases} R^{+''} = \dfrac{1}{R^{+2}}\left[\dfrac{R^{+3}}{R^{-3}} - 1\right] \\ \\ R^{-''} = \dfrac{1}{R^{-2}}\left[\dfrac{R^{-3}}{R^{+3}} - 1\right] \end{cases}$$

Le démarrage de cette expansion avec $R^+ = R^-$ est linéaire. Cette solution étant instable, l'une des deux population voit son expansion s'accélérer. C'est la nôtre et on a vu que ce modèle rendait compte de cet



Effet " d'énergie noire " , répulsive

LORENTZ INVARIANCE

Dans l'univers primitif la loi d'évolution est linéaire : $R^+ = R^- \sim X^0$

Les métriques de Robertson-Walker, dans l'hypothèse où l'indice de courbure est nul (k = 0) ont la forme commune :

$$ds^2 = dx^{o2} - R^2 \left[du^2 + u^2 d\theta^2 + \sin^2\theta \, d\varphi^2 \right]$$

En coordonnées cartésiennes :

$$ds^2 = dx^{o2} - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

Cet espace est localement invariant sous l'action du groupe de Lorentz.

Pour faire apparaître le lien avec le modèle à vitesse de la lumière variable nous écrirons :

$$X^o \sim R \quad ; \quad dX^o \sim dR \sim t^{-\frac{1}{3}} dt \sim \frac{dt}{\sqrt{R}} \sim c(t)\, dt$$

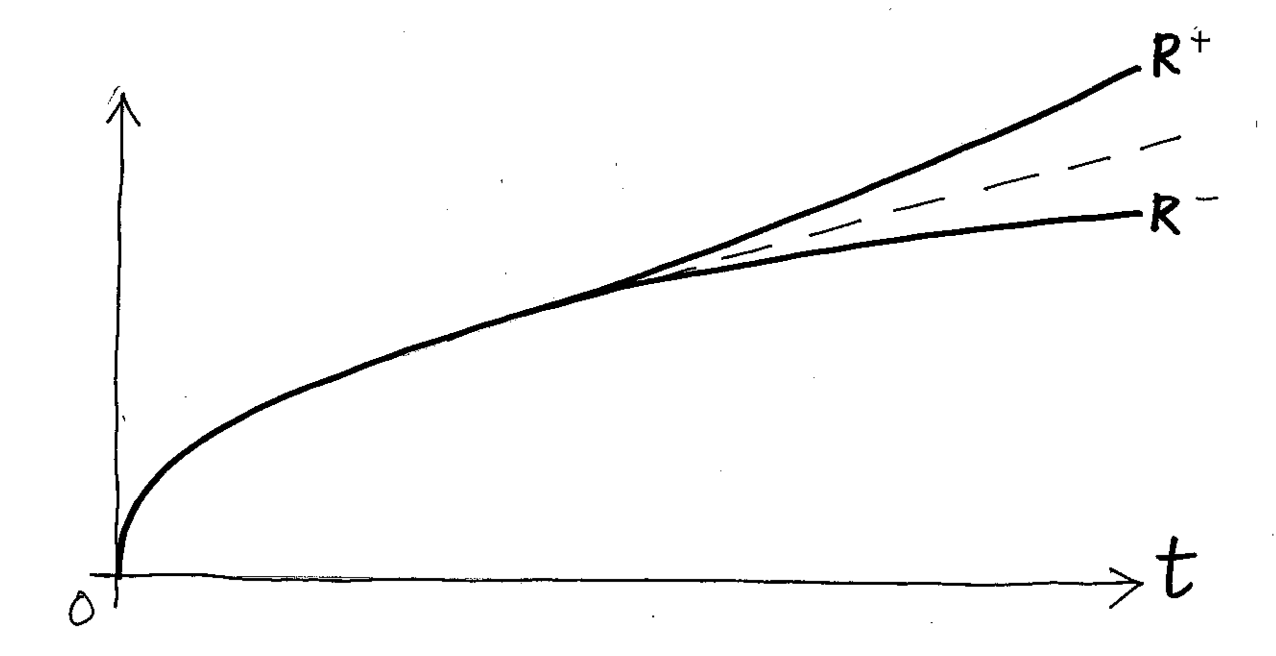
Soit la relatioin générale, permettant de passer de la variable chronologique X° au temps : $dX^o = c(t)\, dt$

Avant la brisure de symétrie nous avons : $dX^o \sim t^{-\frac{1}{3}} dt \Rightarrow X^o \sim t^{\frac{2}{3}}$

Après cette brisure de symétrie, quand c se comporte comme une constante absolue, ceci devient : $X^o = c\,t$

ÉVOLUTiON

Ceci nous permet de tracer l'évolution de la paire cosmique en fonction du temps, tel que nous venons de le définir

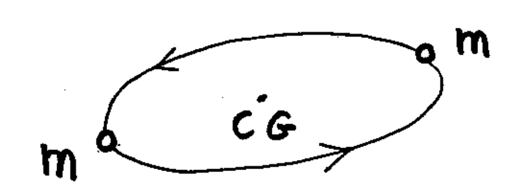


LE PARADOXE DE ZÉNON

Avons-nous maîtrisé la définition de cet objet insaisissable que nous nommons " temps " ?

Cela serait présomptueux de notre part. Tout au plus avons-nous négocié le paradoxe de l'homogénéité de l'univers primitif avec quelque chose qui semble a priori moins coûteux en hypothèses que la théorie de **L'INFLATION**

Mais l'expérience de pensée qui suit nous montrera que nous ne sommes sans doute pas au bout de nos peines. Considérons une sorte d'horloge élémentaire constituée par deux masses orbitant autour de leur centre de gravité commun. Nous allons calculer, en supposant que cette "horloge", toute aussi " compressible " que le reste de l'univers primitif, parvient à traverser les turbulences cosmiques sans encombre, combien de tours elle a effectué depuis " l'instant zéro " :



Sa période de rotation est : $\tau = \frac{2\pi r^{3/2}}{Gm}$ $\quad Gm = Cst \quad r \sim R \quad \tau \sim t \sim R^{3/2}$

Et voilà le résultat obtenu : $N = \int_0^{R_0} \frac{dR}{R^{3/2}} = \left[\frac{1}{\sqrt{R}} \right]_0^{R_0} = \text{infini !}$

